

# SÄTEILYTURVALLISUUS JA LAATU RÖNTGENDIAGNOSTIIKASSA 2005

H. Järvinen (toim.)

Tässä raporttisarjassa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 951-712-958-0 (nid.)

ISBN 951-712-959-9 (pdf)

ISSN 1458-8277

Dark Oy, Vantaa, 2005

Myynti:

STUK – Säteilyturvakeskus

PL14, 00881 Helsinki

Puh. (09) 759 881

Faksi (09) 7598 8500

*JÄRVINEN Hannu (toim.). Säteilyturvallisuus ja laatu röntgendiagnostiikassa 2005. STUK-C4. Helsinki 2005. 82 s.*

**Avainsanat** säteilyturvallisuus, röntgendiagnostiikka, laadunvarmistus, laadunvalvonta, potilaan säteilyaltistus, vertailutasot, optimointi, DAP-mittarit, digitaalinen kuvantaminen, säteilysuojelukoulutus, lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus, kliininen auditointi

## Johdanto

Säteilyturvakeskuksen järjestämässä seminaarissa, jonka luentolyhennelmät on koottu tähän julkaisuun, käsitellään potilaan säteilyturvallisuuden ja röntgendiagnostiikan laadun kannalta keskeisiä toimenpiteitä, vaatimuksia ja ohjeita.

STM:n asetuksessa (423/2000) on säädetty vaatimukset potilaan säteilyaltistuksen seurannasta ja tulosten vertailusta vertailutasoihin. Nämä toimenpiteet kuuluvat osana potilaan säteilyaltistuksen optimointiin. Tähän tarkoitettu STUKin opas säteilyn käyttäjille julkaistiin vuonna 2004 (STUK tiedottaa 1/2004). Potilaan säteilyaltistusta voidaan optimoida myös monilla itse kuvaustoimintaan liittyvillä käytännön toimenpiteillä, joiden suorittamisessa röntgenhoitajat ovat avainasemassa. Vaikka vaatimukset ja perusohjeistus on olemassa, hyvät käytännöt potilaan säteilyaltistuksen seurannassa ovat vielä monessa röntgenkuvausyksikössä muokkautumassa. Käytännön menetelmät ja niiden kehittäminen ovat yhä ajankohtaisia seminaari aiheita.

Siirtyminen digitaalisiin kuvareseptoreihin ja digitaaliseen kuvankäsittelyyn on voimakkaasti etenevä ajan trendi, joka tuo mukanaan uusia haasteita potilaan säteilyturvallisuuden kehittämiseksi. Digitaalisessa kuvantamisessa dynaaminen toiminta-alue potilaan säteilyaltistuksen suhteen on huomattavan suuri, eikä säteilyannosta rajoita perinteisessä filmi-vahvistuslevy-kuvauksessa tuttu filmin ylivalottuminen. Käyttäjiltä edellytetään siten uudenlaista ymmärtämystä annoksen ja kuvanlaadun optimoinnissa samoin kuin menetelmien laadunvalvonnassa. Seminaarissa luodaan katsaus digitaalitekniikan laadunhallintaa koskeviin yleisiin suosituksiin ja joihinkin laadunvalvonnan käytännön menetelmiin.

STUKissa on valmistumassa uusi ST-ohje (ohje ST 3.3), joka käsittelee terveydenhuollon röntgentutkimuksia. Ohje on tärkeä perusohje, joka korvaa kolme aikaisempaa ST-ohjetta (ohjeet ST 3.3, ST 3.4 ja ST 3.5). Siinä kuvataan terveydenhuollon röntgentutkimusten säteilysuojelua ja laadunvarmistusta koskevat vaatimukset, mutta se ei sisällä aikaisemmissa ohjeissa olleita yksityiskohtaisia kuvauksia laadunvarmistusmenetelmistä. Laadunvarmistusta

koskeva tekninen opas julkaistaan myöhemmin STUK tiedottaa -sarjan julkaisuna. Seminaarissa tarkastellaan uuden ST-ohjeluonnoksen sisältöä ja siihen lausuntokierroksen perusteella vielä harkittavana olevia muutoksia.

Säteilyn käytön turvallisuudessa keskeisellä sijalla on säteilyä käyttävän henkilökunnan hyvä ammattitaito ja säteilysuojelun tuntemus. Säteilysuojelun täydennyskoulutuksesta STM:n asetuksessa säädetyt vaatimukset on täsmennetty ohjeessa ST 1.7. Säteilyn käyttöorganisaatioissa toimivien vastuuhenkilöiden tehtäviä, pätevyyttä ja koulutusta on lisäksi käsitelty uusissa ohjeissa ST 1.4 ja ST 1.8. Seminaarin paneelikeskustelussa asiantuntijat pohtivat ja pyrkivät antamaan esimerkkejä siitä, miten säteilysuojelun täydennyskoulutusta voidaan käytännössä järjestää. Keskustelun alustuksena esitetty yksi hyvä esimerkki sisältyy luentolyhennelmänä tähän julkaisuun.

Seminaarin muina ajankohtaisina aiheina käsitellään mm. lääketieteellisen fysiikan asiantuntemusta, lasten röntgentutkimusten säteilyannoksia ja STM:n asettaman kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmän selvityksiä kliinisestä auditoinnista.

# Sisällysluettelo

Johdanto	3
<b>POTILAAN SÄTEILYALTISTUS RÖNTGENTUTKIMUKSISSA</b>	
Potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen ja vertailutasot Vilma Mannila	7
Optimointi tavanomaisissa röntgentutkimuksissa Ulla-Mari Aakula	15
DAP-mittarin käyttö Paula Pöyry	17
Efektiiviset annokset sädediagnostiikassa Erkki Svedström	22
<b>DIGITAALINEN KUVANTAMINEN</b>	
ICRP:n suositus digitaalisesta kuvantamisesta – ICRP Publication 93 Timo Kiljunen	26
Digitaalisen röntgenkuvantamisen laadunvarmistus Riitta Junell	31
Laadunvarmistuksen käytännön toteuttaminen (levykuvantamislaitte) Rauno Hämäläinen	36
<b>ST-OHJE RÖNTGENDIAGNOSTIIKAN LAADUNVARMISTUKSESTA</b>	
Ohje ST 3.3, Röntgentutkimukset terveydenhuollossa Hannu Järvinen	42
<b>SÄTEILYSUOJELUN TÄYDENNYSKOULUTUS TERVEYDENHUOLLOSSA</b>	
Miten säteilysuojelun täydennyskoulutus voidaan toteuttaa terveydenhuollon yksikössä Jarmo Toivanen	49

**MUUTA AJANKOHTAISTA**

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus – Miksi vaaditaan, miten toteutetaan Ormo Tervonen	52
ICRP:n perussuositukset ja uusi luonnos 2005 Tuomo Komppa	57
Uudet säädökset ja oppaat Teuvo Parviainen	65
Lasten röntgentutkimusten potilasannokset Timo Kiljunen	70
Kliininen auditointi: STM:n asiantuntijaryhmän selvitykset Hannu Järvinen	77

## POTILAAN SÄTEILYALTISTUS RÖNTGENTUTKIMUKSISSA

# Potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen ja vertailutasot

**Vilma Mannila**  
**Säteilyturvakeskus**

### Johdanto

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (STM 423/2000) todetaan, että röntgentutkimuksista aiheutuvia säteilyannoksia on säännöllisesti mitattava tai arvioitava laskennallisesti. Annostiedot on tallennettava ja niitä on säännöllisesti vertailtava vertailutasoihin, joiden ylittyminen osoittaa tavanomaista suurempaa potilaan altistamista säteilylle. Jos vertailutason todetaan toistuvasti ylittyvän, on ylitysten syyt selvitettävä ja tarvittaessa ryhdyttävä toimiin säteilyaltistuksen pienentämiseksi.

Säteilyaltistuksen keskiarvojen vertaamisella vertailutasoihin voidaan havaita röntgenlaitteet ja tutkimuskäytännöt, joista aiheutuu tavanomaisia suurempia säteilyaltistuksia. Näin vertailutasojen avulla voidaan varmistaa säteilysuojelun optimointiperiaatteen toteutuminen. Vaikka mitattavat annosuureet ( $ESD$ ,  $DAP$ ,  $MSAD_w$ ,  $DLP_w$ ) eivät ilmaisekaan tarkasti potilaalle säteilystä aiheutuvaa riskiä, niiden avulla voidaan kuitenkin määrittää elinten annokset ja efektiivinen annos, jotka antavat paremman arvion tutkimuksen säteilyriskistä. Elinten annosten ja efektiivisen annoksen avulla taas voidaan verrata eri tutkimusmenetelmiä ja vertailla tutkimusten säteilyriskiä muihin elämän riskeihin.

Tämän esitelmän tarkoituksena on kerrata potilaan säteilyaltistuksen määritysmenetelmät, niihin liittyvät suureet sekä säteilyaltistustietojen vertaaminen vertailutasoihin. Lopuksi esitetään muutamia käytännön kokemuksia ja näkemyksiä Säteilyturvakeskuksen (STUK) toteuttaman ”pilottiselvityksen” tuloksena.

## Säteilyaltistuksen seurannassa ja vertailutasojen asettamisessa käytettävät suureet

### Fysikaaliset annossuureet

Säteilyaltistuksen mittaamisen käytettävä perussuure on *absorboitunut annos*. Absorboitunut annos on säteilystä aineeseen siirtynyt energia jaettuna tarkasteltavan ainemäärän massalla. Massa-alkioon absorboitunut säteilyenergia voi olla peräisin joko samassa alkiossa tai sen ulkopuolella tapahtuvista säteilyn ja aineen vuorovaikutuksista. Absorboituneen annoksen tunnus on  $D$  ja yksikkö gray, Gy.

Toinen perussuure on *kerma*. Kerma soveltuu röntgensäteilyn, gammasäteilyn ja neutronisäteilyn mittaamiseen. Kerma on välillisesti ionisoivan säteilyn väliaineen massa-alkiossa tuottamien sähköisten hiukkasten syntyhetken liike-energioiden summa jaettuna tämän alkion massalla. Kerman tunnus on  $K$  ja yksikkö gray, Gy.

Jos suureiden määritelmässä tarkoitettu aine on ilma, suure on nimeltään ilmaan absorboitunut annos ( $D_a$ ) tai ilmakerma ( $K_a$ ). Röntgendiagnostiikan fotoenergioilla ilmaan absorboitunut annos on mittaustarkkuuden rajoissa yhtä suuri kuin ilmakerma.

### Pinta-annos ( $ESD$ )

Pinta-annos ( $ESD$ , entrance surface dose) on ilmaan absorboitunut annos säteilykeilan keskiakselin ja potilaan etupinnan leikkauspisteessä ja sisältää myös potilaasta tähän pisteeseen siroavan säteilyn. Pinta-annoksen mittayksikkö on siis Gy ja sen yleisin kerrannainen mGy.

### Annoksen ja pinta-alan tulo ( $DAP$ )

Annoksen ja pinta-alan tulo ( $DAP$ , dose-area product) määritellään säteilykeilan keskiakselia vastaan kohtisuorassa tasossa ilmaan absorboituneen annoksen pintaintegraalina. Jos säteilykenttä on tasainen ja tarkkareunainen,  $DAP$  on likimäärin yhtä suuri kuin tulo, jonka tekijät ovat säteilykentän keskellä mitattu ilmaan absorboitunut annos ja kentän poikkileikkauksen pinta-ala. Annoksen ja pinta-alan tuloon ei kuulu potilaasta siroanut säteily. Sen yksikkö on  $\text{Gy} \cdot \text{m}^2$  (käytännössä usein  $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$  tai  $\text{mGy} \cdot \text{cm}^2$ ).

### Annoksen ja pituuden tulo ( $DLP$ ), TT -annoksen tilavuuskeskiarvo ( $MSAD_w$ )

Tietokonetomografiatutkimuksissa annossuureina käytetään painotettua annoksen ja pituuden tuloa ( $DLP_w$ ) sekä annoksen tilavuuskeskiarvoa ( $MSAD_w$ ).  $DLP$  (dose length product) on integraalinen annossuure, joka ottaa huomioon myös säteilytetyn alueen koon.  $DLP$  on likimain verrannollinen efektiiviseen



annokseen ja siten potilaalle aiheutuvaan biologiseen säteilyriskiin. Annoksen ja pituuden tuloon vaikuttaa kuvausprotokollan valinta eli kuvausalue ja leikkeiden lukumäärä. Säteilymittarissa käytetään niin pitkää puikkomaista ilmaisinta, että se lävistää kokonaan säteilytettävän alueen. Mittauksen tuloksena saadaan annoksen ja pituuden tulo  $DLP$ . Sen yksikkö on  $Gy \cdot m$ . Puikkomaisella kammiolla mitattuna  $DLP$  tarkoittaa tuloa, jonka tekijät ovat ilmaisimen pituus ja sen alueelta mitatun annoksen ( $D_a$ ) keskiarvo.

Mittauksessa käytetään lieriömäistä standardifantomia, johon ilmaisin voidaan sijoittaa vuoroin keskiakselille, vuoroin lähelle pintaa. Fantomin keskellä ja sen pinnalla mitatuista  $DLP$ -arvoista lasketaan painotettu annoksen ja pituuden tulo  $DLP_w$  ( $DLP_w = 1/3DLP_c + 2/3DLP_p$ ).  $DLP_w$ -suureen voidaan ajatella kuvaavan tutkimuksesta potilaalle aiheutuvan altistuksen määrää hieman samoin kuin  $DAP$  kuvaa sitä tavanomaisissa röntgentutkimuksissa. Painotetussa annoksen ja pituuden tulossa tarkastellaan kuitenkin annoksen likimääräistä keskiarvoa koko fantomin syvyydellä.

Kun koko tutkimuksen  $DLP_w$ -arvo jaetaan tutkitun alueen pituudella (d), saadaan TT-annoksen tilavuuskeskiarvo ( $MSAD_w$ , weighted multiple scan average dose), jonka yksikkö on gray, Gy.  $MSAD_w$  voidaan laskea myös jakamalla yhtä röntgenputken pyörähdystä vastaava  $DLP_{1,w}$ -arvo pöydän siirroksella  $\Delta d$ , joka tapahtuu yhden pyörähdysten aikana.  $MSAD_w$  kuvaa potilaalle aiheutuvaa altistusta hieman samoin kuin  $ESD$  kuvaa sitä tavanomaisissa röntgentutkimuksissa, esimerkiksi eri alueiden kuvauksista saatavia suureen arvoja ei voi laskea yhteen. Käytännössä  $MSAD_w$  on sama kuin painotettu TT-annosindeksi  $CTDI_w$  tai  $CTDI_{vol}$  (computed tomography dose index).  $MSAD_w$ -arvoa käytetään lähinnä arvioitaessa yksittäisen leikesarjan aiheuttamaa altistusta.  $DLP_w$ -arvon avulla arvioidaan koko tutkimuksesta aiheutuvaa altistusta.

## Vertailutasot

Vertailutasolla tarkoitetaan sellaista röntgentutkimuksen säteilyannostasoa, jonka ei pitäisi ylittyä hyvän käytännön mukaisessa toiminnassa normaalikokoisilla potilailla keskimääräisesti. Vertailutasot eivät osoita röntgentutkimusten optimaalista annostasoa ja usein tutkimukset suoritetaankin niin, että potilaan säteilyaltistus on huomattavasti vertailutasoa pienempi. Ne eivät ole annosrajoja siinä mielessä, että niitä ei saisi ylittää yksittäisten potilaiden kohdalla, vaan ne koskevat nimenomaan keskimääräistä annosta normaalikokoisia potilaita tutkittaessa. Vertailutasot annetaan suoraan mitattavien annossuureiden arvoina ( $ESD$ ,  $DAP$ ,  $MSAD_w$ ,  $DLP_w$ ), ja potilasannosmittausten tulosten keskiarvoja on tarkoitus vertailla niihin. Potilaiden säteilyaltistuksen seurannassa ei siis mitata vertailutasoja, vaan potilaiden säteilyannoksia, joita sitten verrataan vertailutasoihin.

STUK on antanut vertailutasot yleisimmille röntgentutkimuksille ([www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)).

## Potilaan säteilyaltistuksen määrittymenetelmät

Tavanomaisissa röntgentutkimuksissa määritetään joko yhtä kuvaa vastaava pinta-annos (*ESD*) tai annoksen ja pinta-alan tulo (*DAP*) riippuen siitä, kumman suureen avulla vertailutasot tarkasteltavalle tutkimustyyppille on asetettu. Jos vertailutaso on annettu sekä *ESD*- että *DAP*-arvona, riittää kumman tahansa suureen määrittäminen.

Röntgenlaitteissa olevaa potilaan säteilyaltistusta osoittavaa näyttöä tai vastaavaa laitetta voidaan käyttää potilaan säteilyaltistuksen määrittämisessä, kunhan on varmistettu näyttämän lukeman oikeellisuudesta. Jos laitteessa ei ole säteilyaltistusta osoittavaa näyttöä, voidaan potilaan säteilyaltistus määrittää seuraavassa esitetyillä tavoilla.

### Pinta-annoksen (*ESD*) laskenta röntgenputken säteilytuoton perusteella

*ESD* voidaan määrittää laskennallisesti, jos röntgenputken säteilytuotto on tiedossa ja potilastutkimuksesta on kirjattu riittävät tiedot. Menetelmä edellyttää, että röntgenputken säteilytuotto on määritetty potilaan kuvauksessa käytettävällä kuvausjännitteellä, laitteen kokonaissuodatuksella ja fokuksella. Lisäksi potilastutkimusten yhteydessä on tallennettava laskennassa tarvittavat iho-fokusetäisyys (*FSD*, focus skin distance) ja käytetty sähkömäärä *Q* (mAs) sekä oikean säteilytuotto-arvon valintaa varten tarvittava kuvausjännite *U* (kV) ja kokonaissuodatus (kokonaissuodatus koostuu laitteen perussuodatuksesta ja tutkimuskohtaisesta lisäsuodatuksesta). Jos laite tulostaa vain käytetyn kuvausajan, lasketaan sähkömäärä *Q* kertomalla kuvausvirta *I* (mA) kuvausajalla *t* (s).

Pinta-annos *ESD* lasketaan kaavalla:

$$ESD = Y(U, F) \cdot (FDD/FSD)^2 \cdot Q \cdot BSF$$

missä

*Y(U, F)* on röntgenputken säteilytuotto (mGy/mAs) potilastutkimuksessa käytetyllä kuvausjännitteellä ja fokuksella (sekä suodatuksella)

*FSD* on etäisyys (cm) röntgenputken fokuksesta potilaan iholle säteilykeilan keskellä

*FDD* on etäisyys (cm) fokuksesta säteilytuoton mittauskohtaan (yleensä 100 cm)

$Q$  on potilastutkimuksessa käytetty sähkömäärä (mAs)  
*BSF* on takaisinsirontakerroin.

### **Pinta-annoksen mittaus potilaan iholta tai fantomin pinnalta**

Potilaalle aiheutuva pinta-annos voidaan mitata potilaan iholle asetetulla annosmittarilla, jonka pitäisi olla pienikokoinen ja vähäkontrastinen. Tarkoitukseen sopivia ovat yleensä termoloistedosimetrit (TL-dosimetrit), kunhan varmistutaan, että TL-materiaali on käytettävälle röntgensäteilyn energia-alueelle (kuvausjännitteille) ja annosalueille soveltuva.

Potilaan pinta-annos voidaan mitata myös fantomin pinnalle asetetulla annosmittarilla. Käytetyn fantomin on oltava kyseiseen röntgentutkimukseen hyvin soveltuva ja keskimääräistä potilasta vastaava. Mittauksissa käytettävä säteilymittari voi olla esimerkiksi ionisaatiokammio.

### **Annoksen ja pinta-alan tulon (*DAP*) määrittäminen**

Koko röntgentutkimuksesta (useita röntgenkuvia ja mahdollisesti läpivalaisua) aiheutuva potilaan säteilyaltistus voidaan arvioida mittaamalla tutkimuksesta aiheutunut annoksen ja pinta-alan tulo DAP-mittarilla. Annoksen ja pinta-alan tulo on lähes riippumaton fokuksen ja määrittelytason välisestä etäisyydestä ja näin ollen potilaan säteilyaltistusta kuvaava DAP-arvo voidaan mitata potilaaseen kohdistuvassa säteilykeilassa, kaukana potilaan iholta. Annoksen ja pinta-alan tulo mitataan röntgenputken kaihtimiin kiinnitetyllä litteällä, tasomaisella ionisaatiokammioilla. Se voi olla röntgenlaitteeseen kiinteästi asennettu tai tilapäisesti kiinnitetty. Joissakin röntgenlaitteissa DAP-arvo laskeaan kuvaus- ja läpivalaisuarvoista ja säteilykentän rajauksesta eikä ionisaatiokammiota käytetä.

### **Pinta-annoksen laskenta annoksen ja pinta-alan tulon perusteella**

Pinta-annos voidaan myös laskea annoksen ja pinta-alan tulosta (DAP). Tällöin täytyy tietää säteilykeilan poikkileikkauksen pinta-ala potilaan ihon tasossa säteilyn tulosuunnassa. Säteilykeilan pinta-ala voidaan mitata joko kuvaustilanteessa potilaan ihon tasalta tai tukipinnalta (thorax-teline tai bucky-pöytä), tai kuvauksen jälkeen filmiltä tai kuvamonitorilta. Kenttäkoko mitataan säteilykeilaa vastaan kohtisuoralta tasolta eikä potilaan kaarevalta pinnalta. Kuva-monitorilta tai digitaalikuvauslaitteen tulosfilmiltä mitattaessa on tiedettävä myös kuvan suurennussuhde ja tehtävä sitä vastaava korjaus. Kun pinta-ala mitataan kuvasta tai tukipinnalta, täytyy se muuttaa vastaamaan säteilykeilan pinta-alaa fokus-ihoetäisyydellä.

## Tietokonetomografiatutkimukset

Kuten edellä jo mainittiin, TT-tutkimusten annokset mitataan helpoiten TT-laitteiden annosmittauksiin soveltuvalla, tavallisesti 10 cm:n pituisella puikkomaisella ionisaatiokammioilla. Mittaukset tehdään akryylimuovista (PMMA) valmistetuissa, sylinterinmuotoisissa standardisoiduissa fantomeissa.

Jos TT-laitteessa on annosnäyttö, voidaan laitteen annosmääritykset tehdä sen avulla. Suureen  $MSAD_w$  -arvo (käytännössä sama kuin  $CTDI_w$  tai  $CTDI_{vol}$ ) saadaan suoraan annosnäytöstä. Kunkin leikesarjan  $DLP_w$  -arvo saadaan kertomalla sitä vastaava annosnäytön arvo potilaasta tutkitun alueen pituudella  $d$ :

$$DLP_w = d \cdot MSAD_w$$

Joissakin uudemmissa laitteissa on suoraan ilmoitettu myös  $DLP_w$  -arvo.

## Säteilyaltistuksen keskiarvo ja vertaaminen vertailutasoihin

Potilaiden keskimääräinen säteilyaltistus voidaan joko mitata tai arvioida laskennallisesti sopivalle potilasjoukolle. Säteilyannos voidaan myös määrittää käyttämällä keskimääräistä potilasta vastaavaa fantomia. Jos mittaus tai laskenta tehdään potilasjoukolle, määritetään säteilyaltistus vähintään kymmenen normaalikokoisen ja normaalirakenteisen potilaan keskiarvona. Aikuisten röntgentutkimuksissa keskiarvo lasketaan potilaista, joiden tutkimus on sujunut tavanomaisesti ja joiden paino on välillä 55–85 kg ja painojen keskiarvo noin 70 kg. Säteilyaltistuksia kirjattaessa onkin syytä kirjata myös mm. potilaan paino, pituus ja sukupuoli.

Potilaiden keskimääräistä säteilyaltistusta ( $ESD$ ,  $DAP$ ,  $DLP_w$  tai  $MSAD_w$ ) verrataan tarkasteltavan röntgentutkimuksen vertailutasoon. Jos vertailutason todetaan säännönmukaisesti ylittyvän ilman erityisiä lääketieteellisiä perusteita, ylityksen syy selvitetään ja tarvittaessa ryhdytään toimiin potilaiden säteilyaltistuksen pienentämiseksi.

## Miten usein ja mille tutkimuksille säteilyaltistus määritetään?

Potilaiden säteilyaltistus on määritettävä kerran kolmessa vuodessa. Lisäksi se on määritettävä aina, kun tutkimuskäytäntöön tai laitteistoon tehdään säteilyaltistukseen oleellisesti vaikuttavia muutoksia tai korjauksia. Säteilyaltistus määritetään ainakin kullakin tutkimustelineellä tehtävissä yleisimmissä tutkimustyypeissä, joille vertailutaso on annettu. Määritys tehdään vähintään yhdessä kuvausprojektiossa. Jos kyseessä on läpivalaisututkimus, on kirjattava koko tutkimuksesta aiheutunut altistus (läpivalaisusta ja kuvauksista aiheutunut altistus yhteensä).

Kerran vuodessa on varmistettava, että säteilyaltistus ei ole muuttunut. Varmistus tehdään jokaisella tutkimustelineellä ainakin yhden tutkimustyyppin yhdessä kuvausprojektiossa, jota kyseisellä telineellä tehdään ja jolle vertailutaso on annettu.

## Käytännön kokemuksia nykytilanteesta

Säteilyturvakeskukseen ollaan perustamassa valtakunnallista potilasannosrekisteriä. Potilasannosrekisteriä tarvitaan mm. väestöannoksen arviointia, röntgentutkimusten potilasannosten vertailutasojen asettelua ja kansainvälisten tilastotietojen toimittamista varten. Rekisterin käytännön toteutusta varten on valittu joukko erikokoisia röntgentutkimusyksiköitä, joiden avulla on selvitetty kokeiluluonteisesti (”pilotti”) potilaan säteilyaltistuksen valtakunnalliseen seurantaan soveltuva menettely röntgentutkimuksissa. Pilotissa on mm. selvitetty miten potilaan säteilyaltistus nykyisin määritetään röntgentutkimusyksiköissä.

*Pienissä ja keskisuurissa terveyskeskuksissa* potilaan säteilyaltistuksen pääasiallinen määrittäminen menetelmä pilottitutkimuksen mukaan on pinta-annoksen laskenta säteilytuoton perusteella. Ongelmana menetelmän käytössä näyttäisi olevan, että säteilytuoton mittaaminen ja laskennan suorittaminen näissä paikoissa ovat vaikeita tehtäviä paikallisille röntgenhoitajille. Pienet röntgenyksiköt tarvitsisivat esimerkiksi valmiin excel-työkalun, johon arvot olisi helppo syöttää. Valmis ESD-laskentaohjelma (maksullinen) on myös saatavilla STUKista. Säteilytuoton mittaaminen on myös hankalaa tarvittavien mitta-reiden puuttuessa. Paras ratkaisu tällaisissa paikoissa olisi antaa säteilytuoton mittaaminen huollon tehtäväksi, jolloin röntgenhoitajan tarvitsisi ainoastaan ilmoittaa käytettävät kuvausjännite-suodatus-yhdistelmät huollolle. Huollon tulisi tällöin tehdä mahdollisimman helposti luettavat säteilytuottotaulukot ja säteilytuottokäyrät.

Tilanne näyttää hyvältä niiden paikkojen osalta, joilla on mahdollisuus saada ulkoista apua esimerkiksi samasta sairaanhoitopiiristä. Sairaanhoitopiireillä on fyysikoita ja laatuvaastavaröntgenhoitajia, joiden palveluita pienempien yksiköiden on mahdollista käyttää ilmaiseksi tai maksua vastaan. Joillakin sairaanhoitopiireillä on esimerkiksi röntgenhoitajia, jotka kiertävät pienemmissä yksiköissä. Heidän tehtävänä on yleensä opastaa laskennassa, mitata säteilytuotot ja tehdä valmiit excel-työkalukopiot laskentaa varten.

*Suurempien terveyskeskusten* pääasiallinen määrittäminen menetelmä on annoksen ja pinta-alan tulon määrittäminen DAP-mittarilla. Laitekannan uusiutuessa DAP-mittareiden käyttö myös lisääntyy. Sairaanhoitopiirin fyysikko saattaa myös osallistua potilasannosmäärittäykseen. Fyysikko tekee valmiit lomakkeet

tarvittavien potilastietojen ja kuvausarvojen kirjaamista varten. Lomakkeet lähetetään röntgenyksikköön annosmittauksia varten ja tarpeeksi suuren potilasotannan jälkeen toimitetaan takaisin fyysikolle, joka laskee tuloksista keskiarvot ja vertaa niitä vertailutasoihin.

*Aluesairaaloissa ja keskussairaaloissa* usein röntgenhoitaja (laatuvas-  
taava) vastaa potilasannosmittauksista. Keskussairaaloissa mittauksiin osal-  
listuu usein myös fyysikko. Fyysikko tarkistaa laskentataulukot ja neuvoo tarvit-  
taessa. Useimmissa paikoissa mittaukset suoritetaan DAP-mittarilla, joka voi  
olla laitteeseen kiinteästi asennettu tai kiertävä mittari. Röntgenyksiköissä,  
joissa ei ole jokaisessa laitteessa annosnäyttöä ja kiertävää DAP-mittaria ei  
ole hankittu, säteilyaltistus määritetään laskemalla pinta-annos säteilytuoton  
perusteella.

DAP-arvosta pinta-annoksen laskeminen ei ole tarpeellista, jos vertai-  
lutasot on annettu myös DAP-arvona. Kun pinta-annoksen laskenta tehdään  
säteilytuoton perusteella, fokus-iho etäisyys voidaan mitata monella eri tavalla.  
Joissakin laitteissa on fokukseen kiinteästi asennettu mitta, jolloin on helppo  
mitata etäisyys potilaan iholle, tällöin myös mittauksen epätarkkuus on pieni.  
Fokuspiste on yleensä merkattu myös putkeen, joten jos kiinteätä mittaa ei  
ole, voidaan etäisyys mitata irrallisella mitalla fokuspisteestä. Voidaan myös  
sopia ennakkoon tietty kohta putkesta, johon mitta otetaan ja huomioida tämä  
myöhemmin laskuissa. Mahdollista on myös mitata potilaan paksuus, jolloin  
täytyy myös huomioida fokus-tukilevyetäisyys. Potilaan paksuuden mittaus  
onnistuu parhaiten suorakulmamitalla.

Fantomilla tehtäviä tietokonetomografian annosmittauksia tehdään vain  
muutamissa paikoissa. Fyysikko tekee yleensä mittaukset ja laskee niistä  
tulokset. Yleensä mittausten tarkoituksena on varmistaa laitteen annosnäytön  
lukeman oikeellisuus. Usein annosnäytön kalibrointi hoidetaan huoltofirman  
toimesta. Laitteen annosnäytön arvoja kirjataan ja niistä lasketaan keskiarvoja,  
joita verrataan vertailutasoihin. Useimmissa paikoissa fyysikko laskee näytön  
 $MSAD_w$ -arvosta  $DLP_w$ -arvon, jos sitä ei saa suoraan laitteen näytöltä.

## **Kirjallisuutta**

Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen.  
STUK tiedottaa 1/2004. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2004.

## POTILAAN SÄTEILYALTISTUS RÖNTGENTUTKIMUKSISSA

### Optimointi tavanomaisissa röntgentutkimuksissa

**Ulla-Mari Aakula**

**Kanta-Hämeen keskussairaala**

Laadunhallinta-ajattelu röntgenosastolla on säteilynkäytön optimoinnin kannalta keskeinen asia. Nykyään, kun mm. kliininen auditointi on vauhdittanut laatujärjestelmien laatimista työyksiköihin, tiedostetaan se, että asioita pitää kerrata ja osata vaatia tietoja myös laitetoimittajilta. Pyrittäessä pitämään potilaan säteilyaltistus niin pienenä kuin tarvittavan diagnostisen tiedon saamiseksi voidaan kohtuudella toteuttaa, tulee toiminnan olla hyvin suunniteltua ja hallittua. Röntgenhoitajan ammattitaito ja harkinta on avainasemassa röntgentutkimusten optimoinnin käytännön toteuttamisessa.

Tässä esityksessä käsitellään optimointiin liittyviä, röntgenhoitajan tehtäviin kuuluvia käytännön toimenpiteitä. Optimointiin kuuluu myös potilasanosten määrittäminen ja vertailu vertailutasoihin sekä muu laadunvarmistus, joita tässä ei käsitellä.

Röntgentutkimuksissa säteilyaltistuksen optimointi lähtee jo työntekijän perehdyttämisestä työpisteeseen ja sen eri kuvantamislaitteisiin. Jokaisen ”vanhan” työntekijänkin tulisi uudelleen perehtyä laitteisiin ja olemassa oleviin ohjeistuksiin aika ajoin.

Valmistautuessaan suorittamaan kuvantamistutkimuksen potilaalle, röntgenhoitaja tutustuu röntgentutkimuksen lähteeseen ja mahdollisiin aikaisempiin kuvauksiin. Optimoinnin kannalta kyseisten asiakirjojen huolellinen tarkastelu on keskeistä ja aikaisemmin mahdollisesti tehty kuvausvirheet voidaan välttää. Valitettavan usein lähettävät yksiköt eivät tiedosta, kuinka tärkeitä röntgenlehti ja tiedot aikaisemmista kuvista ovat tutkimuksen optimoinnille. Lisäksi röntgenhoitajalle on tärkeää läheteessä oleva informaatio, joka koskee kuvaustavan ja -välineiden valintaa. Välineiden valintaan saattaa vaikuttaa esim. proteesin pituus, varsinkin jos se poikkeaa normaalista. Potilaan kunto ja tietyt sairaudet ovat kuvausarvoja valittaessa tärkeää tietoa.

Potilaan identifiointi on oleellinen asia säteilyaltistuksen optimoinnissa. Ongelmallista potilaan henkilöllisyyden varmistaminen on silloin, jos potilas ei syystä tai toisesta pysty todistamaan henkilöllisyyttä. Huonokuntoisilla osastopotilailla onkin yleensä ranneke, josta henkilöllisyyden voi tarkistaa.

Raskauden mahdollisuuden toteaminen potilaalta jää yleensä röntgenhoitajan vastuulle. Kysyttäessä potilaalta, onko lähettävä lääkäri asiaa tiedus-

tellut, on vastaus yleensä ”ei”. Jos potilas on raskaana, tulee harkita uudelleen tutkimuksen oikeutus ja minimoida sikiölle aiheutuva säteilyannos.

Kuvaustilanteessa voidaan potilaan säteilyaltistusta optimoida usealla eri tavalla. Huolellinen potilaan ohjaus varmistaa potilaan ja röntgenhoitajan hyvän yhteistyön tutkimuksen aikana. Erilaiset fixaatiot ja tuet varmistavat kuvausasentojen pysymisen ja kuvauskohteen liikkumattomuuden.

Röntgenkuvaustilanteessa röntgenhoitaja voi optimoida potilaan saamaa säteilyannosta erilaisilla teknisillä keinoilla, joita ovat mm.

- sädesuojien käyttö
- sädekeilan oikea suuntaaminen
- kuvausjännitteen eli ”kilovoltin” valinta
- lisäsuodatuksen käyttö
- hilan käyttö
- filmi-vahvistuslevy-yhdistelmät (perinteinen kuvantaminen)
- kuvausprotokollien laadinta (digitaalinen kuvantaminen)
- röntgenputken asettaminen kuvauksessa
- kuvausetäisyyden valinta
- kompression käyttö.



# POTILAAN SÄTEILYALTISTUS RÖNTGENTUTKIMUKSISSA

## DAP-mittarin käyttö

**Paula Pöyry**  
**Säteilyturvakeskus**

### Johdanto

Annoksen ja pinta-alan tulon (*DAP*, dose-area product) mittareita käytetään röntgendiagnostiikassa potilaan säteilyaltistuksen määrittämiseen. Annoksen ja pinta-alan tulo voidaan mitata käyttämällä tasomaista, läpäisytyyppistä ionisaatiokammiota, joka voi olla kiinteästi asennettu laitteeseen tai erillinen mittari. *DAP*-kammio asetetaan kohtisuoraan säteilykeilan tasoa vastaan siten, että säteilykeila osuu kokonaan sen mitta-alueelle.

Annoksen ja pinta-alan tulo määritellään säteilykeilan akselia vastaan kohtisuorassa tasossa tulona, jonka tekijät ovat keskimääräinen ilmaan absorboitunut annos ja sellaisen mitta-alueen pinta-ala, joka sisältää säteilykeilan kokonaisuudessaan, puolivarjoalueineen. Annoksen ja pinta-alan tulon etuna on, että se pysyy säteilykeilassa lähes vakiona etäisyydestä riippumatta ja voidaan siis mitata vapaassa säteilykeilassa, suhteellisen kaukana potilaan etupinnasta.

Annoksen ja pinta-alan tulon avulla voidaan arvioida säteilystä potilaaseen siirtynyttä energiaa ja potilaan saamaa efektiivistä annosta. *DAP*-mittaus on käytännöllinen myös toimenpideradiologiassa ja läpivalaisututkimuksissa, vaikka näissä kenttäkoko ja kuvaussuunta usein muuttuvat tutkimuksen aikana ja säteilyannoksen määrittäminen muilla menetelmillä on hankalaa. Useita kuvausvaiheita sisältävässä tutkimuksessa *DAP* voidaan mitata joko vaiheittain tai yhtäjaksoisesti.

### DAP-mittarin peruskäyttöohjeet

*DAP*-mittari koostuu yleensä *DAP*-kammioista ja siihen liittyvästä kiinteästä tai erillisestä mittarista ja näyttöosasta, joka näyttää tuloksen suoraan *DAP*-arvona. *DAP*-kammio on ionisaatiokammio ja tarvitsee toimiakseen käyttöjännitteen (keräysjännite), joka saadaan laitteen mittariosasta tai erillisestä jännitelähteestä. Käyttöjännitteen kytkemisen jälkeen kammion annetaan lämmetä noin 15 minuuttia. Stabiloituminen mittaushuoneen lämpötilaan voi viedä kaueminkin, jos kammio tuodaan mittaushuoneelle hyvin erilaisista olosuhteista (esim.

ulkoa). Jotta DAP-mittari toimisi mittaustilanteessa oikein, kammiolle annetaan alkusäteilytys. Samassa yhteydessä voidaan DAP-mittarin toimintakunnon tarkistamiseksi tehdä tarkistusmittaus valitulla kenttäkoolla, käyttöjännitteellä, suodatuksella ja sähkömäärällä. Vertaamalla tarkistusmittauksen tulosta aikaisempien vastaavien mittausten tuloksiin voidaan tarkistaa DAP-mittarin ja röntgenlaitteen toiminta ja seurata niiden stabiilisuutta. Yleensä mittareissa on myös testipainike, jonka avulla mittarin toimintakuntoa voidaan seurata. Ennen mittauksen alkua mittarin näyttö pitää muistaa nollata (reset).

## **DAP-mittarin vasteen riippuvuus säteilylaadusta**

DAP-kammiot valmistetaan läpinäkyvästä materiaalista, jotta säteilykeilan kohdistus voidaan suorittaa valokentän avulla. Valmistusmateriaalina käytetään yleensä metallikalvolla pinnoitettua muovia, joka vaikuttaa säteilyn etenemiseen eri tavoin eri säteilylaaduilla. DAP-mittarin vaste muuttuu huomattavasti säteilylaadun funktiona: vaihtelu voi samankin röntgenlaitteen käyttöalueella olla jopa 30 %. Kammion käyttäytymiseen vaikuttavat seinämien ja keskielektrodin rakenne ja kammion paksuus.

Mittauksissa on todettu, että säteilylaatua kuvaavana parametrina yleisesti käytetty puoliintumispaksuus (*HVL*, half-value layer) ei yksin riitä DAP-mittarin säteilylaaturiippuvuuden esittämiseen. Röntgendiagnostiikassa käytettävillä säteilylaaduilla DAP-mittarin kalibrointikerroin saattaa vaihdella jopa 10 %, vaikka niillä olisi sama *HVL*-arvo.

## **DAP-mittarin kalibrointi**

DAP-mittarit on yleensä säädetty siten, että jollain tietyllä säteilylaadulla mittarin näyttämä vastaa oikeaa DAP-arvoa. Se ei kuitenkaan tarkoita, että mittari näyttäisi oikein muillakin säteilylaaduilla. Jotta mittauksista saataisiin luotettavia ja vertailukelpoisia tuloksia, mittarit täytyy kalibroida kaikilla käytössä olevilla suodatuksilla ja niillä käytettäville putkijännitealueille. Kalibrointi pitäisi suorittaa yhdenmukaisesti ja kansainvälisiin mittanormaaleihin jäljitettävästi. Kalibroinnin tuloksena saadaan yksi tai useampia kalibrointikertoimia, ja oikea mittaustulos saadaan kertomalla mittarin näyttämä kalibrointikertoimella.

Keilassa oleva DAP-kammio vaimentaa säteilyä. Mittari on kalibroitava siten, että mittaustulos vastaa mittarin läpäisseen ja potilaaseen kohdistuvan säteilykeilan DAP-arvoa. Myös muu säteilykeilassa fokuksen ja potilaan välissä oleva aine (esim. tutkimuspöytä) vaimentaa säteilyä ja pitää ottaa huomioon kalibroinnissa. Röntgenlaitteiden erilaiset rakenteet ja materiaalit sirottavat

säteilyä eri tavoin, ja siksi potilasmittauksissa käytettävät DAP-mittarit olisi kalibroitava käyttöpaikassaan siten, että mittausasetelmassa esiintyvä sironta olisi kalibroinnissa sama kuin potilastutkimuksen aikana.

Sairaaloiden DAP-mittareiden (*kenttämittareiden*) kalibrointi on yleensä tehty käyttäen likimääräistä menetelmää, jossa ilmaan absorboitunut annos mitataan säteilykeilan keskellä ja kenttäkoko määritetään röntgenfilmin avulla. Helpompi ja tarkempi tapa on suorittaa kalibrointi toisen DAP-mittarin (*vertailumittarin*) avulla, jolloin ei tarvita erillistä annosmittausta ja epätarkkaa pinta-alan määrittystä. Vertailumittarin pitää olla kalibroitu mittariin kohdistuvan säteilyn suhteen. STUKissa valmistellaan ohjetta kenttämittareiden kalibroinnista vertailumittarin avulla.

## Mittausolosuhteiden vaikutus mittaustulokseen

DAP-mittareita koskevan standardin IEC 60580 (IEC 2000) mukaan DAP-kammiot ovat avoimia siten, että ilma pääsee kiertämään niissä vapaasti ja ulkopuolella tapahtuvat lämpötilan ja ilmanpaineen muutokset tapahtuvat myös niiden sisällä. Ilman tiheyden muuttuminen paineen ja lämpötilan funktiona muuttaa myös kammion sisältämän kaasun massaa. Tämä voidaan ottaa huomioon käyttämällä mittarin käyttöohjeen mukaista paine- ja lämpötilakorjauskerrointa  $k_{pT}$ :

$$k_{pT} = \frac{101,33 \text{ kPa}}{p} \cdot \frac{T}{293,15 \text{ K}} \quad (1)$$

missä  $T$  on mitattu lämpötila kelvineinä ja  $p$  on ilmanpaine. Jossain mittareissa paine- ja lämpötilakorjaus tehdään automaattisesti ja mittari näyttää korjattua arvoa. Toimintatapa pitää selvittää mittarin käyttöohjeesta.

## Kertoimien käyttö ja DAP-arvo

Potilastutkimustilanteessa DAP-mittarille mahdollisesti suoritettu kalibrointi tai mittausolosuhteet eivät vaikuta mitenkään. DAP-mittarin näyttämä (lukuarvo ja yksikkö) luetaan ja kirjataan sellaisenaan mittausolosuhteiden ja kuvausarvojen kanssa. Kalibrointikerrointa käytetään jälkeinpäin todellisten DAP-arvojen tarkkaan laskemiseen, esimerkiksi käsiteltäessä kerättyjä vertailutasoihin verrattavia mittaustuloksia. Samalle tutkimukselle käytetään yleensä suunnitteen samoja kuvausarvoja ja suodatuksia, jolloin myös DAP-mittarin kalibrointikerroin on vakio. Mittauslomakkeeseen pitää merkitä tämä kalibrointikerroin, jos se on tiedossa. Jos mittausajankohdan lämpötila ja ilmanpaine tiedetään, voidaan käyttää myös paine- ja lämpötilakorjauskerrointa (kaava 1). DAP-arvo

saadaan kertomalla mittarin näyttämä  $M_{DAP}$  käytetyn säteilylaadun kalibrointikertoimella  $N_{KA}$  ja paine- ja lämpötilakorjauskertoimella  $k_{pT}$

$$DAP = N_{KA} \cdot k_{pT} \cdot M_{DAP} \quad (2)$$

Mittauslomakkeessa on kuitenkin aina esitettävä myös alkuperäiset, korjaamattomat mittaustulokset. Korjatut DAP-mittaustulosten keskiarvot kelpaavat suoraan verrattaviksi diagnostisiin vertailutasoihin.

## Mittaustarkkuus

Standardin (IEC 2000) mukaan DAP-mittari on suunniteltava siten, että DAP-mittauksen kokonaisepävarmuus ei ole suurempi kuin  $\pm 25 \%$  (kattavuuskertoimella  $k = 2$ ). Myös Säteilyturvakeskuksen potilasannosmittausoppaan [5] mukaan annoksen ja pinta-alan tulon mittausepävarmuus saisi olla enintään  $25 \%$ . DAP-mittarin mittausepävarmuutta voidaan pienentää huomattavasti käyttämällä omaa kalibrointikerrointa eri säteilylaaduilla. Vertailumittarin avulla kalibroidulla kenttämittarilla saatavien potilasannosten epävarmuudet riippuvat mittaolosuhteista ja voidaan arvioida erikseen eri mittaustilanteille. Tavoitteena on, että potilasannosten epävarmuudet olisivat useimmissa tapauksissa alle  $10 \%$ .

Käytännössä voi olla myös vaikeita mittaustilanteita, joissa tarkkuus jää paljon huonommaksi kuin tavanomaisissa perusmittauksissa. Tutkimuksissa, joissa säteilykeila kohdistuu potilaaseen tutkimuspöydän läpi, pöydän vaikutus potilaan säteilyaltistukseen voidaan ottaa huomioon kalibroinnissa. Tutkimuksissa, joissa säteilykeila kohdistuu potilaaseen tutkimuspöydän läpi vain osan ajasta tai säteilylaatu vaihtelee huomattavasti tutkimuksen aikana, kalibrointikertoimia täytyy arvioida ja mittauksen epävarmuus kasvaa.

## Mittaustulosten tulkinta

DAP-mittarilla mitattu ja asianmukaisesti korjattu DAP-arvo on pääsääntöisesti verrannollinen potilaan säteilyaltistukseen, jota kuvaavia suureita ovat esim. siirtynyt energia, elinten samat annokset ja efektiivinen annos. Automaattisesti näin ei kuitenkaan ole kaikissa käytännön tilanteissa. Esim. kuvauksissa, joissa säteilykeilan reuna ohittaa potilaan, DAP-mittaustulos ei kerro potilaan todellista säteilyaltistusta, koska mitattu DAP-arvo koskee myös sitä osaa säteilykeilasta, joka ei osu potilaaseen.

Keilassa oleva DAP-kammio vaimentaa potilaaseen kohdistuvaa säteilyä noin  $10\text{--}20 \%$  säteilylaadusta riippuen. Tavanomaiseen käyttöön kalibroitu DAP-

mittari näyttää kammion läpäisseen säteilyn DAP-arvoa. Käytettäessä laitteelta toiselle kiertävää DAP-mittaria tämä vaimentava kerros (DAP-kammio) otetaan mittausten jälkeen pois keilasta. Tällöin samoja käsin säädettyjä kuvausarvoja käytettäessä potilaan kohdalle tulee suurempi annoksen ja pinta-alan tulo kuin kammion kanssa tehdyissä mittauksissa. Jos DAP-mittauksessa käytetään valotusautomaatiikkaa tai kiinteää DAP-mittaria, tätä ongelmaa ei ole.

## **Yhteenveto**

DAP-mittarin avulla on helppo mitata potilaan säteilyaltistusta. Kiinteän DAP-mittarin käyttö ei vaadi erillistä mittarin asettelua eikä muita mittauksia. Jotta mittaustulokset olisivat luotettavia, pitää mittareiden olla oikein kalibroituja. Kenttämittarin kalibrointi voidaan suorittaa sen omalla käyttöpaikalla käyttötärpeen mukaan. DAP-mittarin vaste riippuu selvästi säteilylaadusta, ja lopullisia mittaustuloksia laskettaessa on syytä käyttää kalibroinnista saatuja kalibrointikertoimia.

## **Kirjallisuutta**

1. International Electrotechnical Commission (IEC). Medical electrical equipment – Dose area product meters. IEC 60580 Second edition. Geneva: IEC; 2000.
2. Larsson JP, Persliden J, Sandborg M, Carlsson GA. Transmission ionization chambers for measurements of air collision kerma integrated over beam area. Factors limiting the accuracy of calibration. *Phys. Med, Biol.*; 1996; 41: 2381–2398.
3. Larsson JP, Persliden J, Carlsson GA. Ionization chambers for measuring air kerma integrated over beam area. Deviations in calibration values using simplified calibration methods. *Phys. Med. Biol.*; 1998; 43: 599–607.
4. Pöyry PM. Annoksen ja pinta-alan tulon (DAP) mittaaminen röntgendiagnostiikassa ja DAP-mittareiden kalibrointi. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Fysikaalisten tieteiden laitos, 2005.
5. Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen. STUK tiedottaa 1/2004. Helsinki; Säteilyturvakeskus: 2004.

# POTILAAN SÄTEILYALTISTUS RÖNTGENTUTKIMUKSISSA

## Efektiiviset annokset sädediagnostiikassa

**Erkki Svedström**

**Turun yliopistollinen keskussairaala**

### Historiaa

ICRP (the International Commission on Radiological Protection) määritteli efektiivisen annoksen käsitteen ensi kertaa vuonna 1977. Tätä ennen suositukset sisälsivät pääsääntöisesti ohjeita, joissa mainittiin suurin sallittu tai hyväksytävä annos. Samana vuonna myös optimointiperiaate (ALARA) otettiin laajempaan käyttöön.

Tällä hetkellä sädetutkimusten haittoja arvioitaessa efektiivinen annos on tunnetuin ja popularisoiduin suure, jolla vertaillaan eri tutkimusten aiheuttamaa säteilyannosta ja joskus myös terveyshaittaa.

### Määritelmä

Efektiivisellä annoksella tarkoitetaan laskennallista annossuuretta, jolla kuvataan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä kokonaishaittaa. Terveydellinen kokonaishaitta tarkoittaa, paitsi riskiä sairastua kuolemaan johtavaan syöpäkasvaimen, myös muita syöpäsairauksia sekä geneettistä riskiä.

Efektiivisen annoksen laskennassa tarvittavat perustekijät ovat: absorboitunut annos kullekin kudokselle tai elimelle, eri säteilylajeille määritellyt säteilyn painotuskertoimet ( $w_R$ ) sekä kunkin kudoksen ja elimen säteilyherkyyttä kuvaavat kudosten painotuskertoimet ( $w_T$ ). Efektiivisen annoksen ( $E$ ) yksikkö on sievert (Sv). Efektiivinen annos lasketaan seuraavasti:

$$E = \sum w_T \cdot H_T$$

$$H_T = w_R \cdot D_{T,R}$$

jossa  $w_T$  on kudoksen  $T$  painotuskerroin (taulukko I),  $H_T$  sen ekvivalenttiannos ja  $D_{T,R}$  kudokseen absorboitunut annos.

Näin ollen laskennassa täytyy tuntea tutkimuksesta eri elimiin aiheutuneet absorboituneet annokset ja säteilyherkyydestä riippuvat painotuskertoimet.

**Taulukko I.** Julkaisun ICRP 60 (1990) mukaiset kudosten painotuskertoimet.

<b>Elin/Kudos</b>	<b>Kerroin (<math>w_T</math>)</b>
Gonadit	0,20
Luuydin	0,12
Paksusuoli	0,12
Keuhkot	0,12
Mahalaukku	0,12
Virtsarakko	0,05
Rintarauhanen	0,05
Maksa	0,05
Ruokatorvi	0,05
Kilpirauhanen	0,05
Iho	0,01
Luun pinta	0,01
Muut	0,05
<b>Yhteensä</b>	<b>1,00</b>

## Laskeminen

Laskentaa varten tarvittava annosjakauma voidaan arvioida mittausten avulla. Toisaalta mallien avulla on luotu laskentamenetelmiä, joiden avulla efektiivinen annos saadaan helposti laskentataulukosta tai tietokoneohjelmasta, kun tunnetaan kuvaustekniikka ja geometria. Esimerkkejä julkiseenkin käyttöön tarkoitetuista laskentasivuista on ohessa.

[http://www.safety.duke.edu/radsafety/ct\\_ed/default.asp](http://www.safety.duke.edu/radsafety/ct_ed/default.asp)

<http://www.doseinfo-radar.com/RADARDoseRiskCalc.html>

## Käyttöalueet

Efektiivisen annoksen tärkein käyttötapana on eri tutkimusten tuottaman annoksen vertailuissa. Viime vuosina on tutkimuksesta aiheutuvan säteilyriskin suuruutta pyritty havainnollistamaan vertaamalla tutkimuksesta aiheutuvaa efektiivistä annosta tavanomaisesta PA-keuhkokuvasta ja luonnon taustasäteilystä aiheutuviin efektiivisiin annoksiin. Annosvastaavuus on annettu sellaisena PA-keuhkokuvien lukumääränä ja sellaisena altistumisaikana taustasäteilylle, joka aiheuttaa saman efektiivisen annoksen kuin tutkimus (taulukko II). Annosvastaavuudesta käytetään myös joskus lyhennettä BERT (Background Equivalent Radiation Time).

## Esimerkkejä

Esimerkkejä röntgentutkimusten aiheuttamista säteilyannoksista on annettu taulukossa II. (Taulukko on STUKin verkkosivuilta: [http://www.stuk.fi/sateily-tietoa/sateilevat\\_laitteet/terveydenhuolto/rontgen/fi\\_FI/annoksia/](http://www.stuk.fi/sateily-tietoa/sateilevat_laitteet/terveydenhuolto/rontgen/fi_FI/annoksia/) )

**Taulukko II.** Röntgentutkimuksien säteilyannokset

<b>Tutkimus</b>	<b>Efektiivinen annos (mSv)</b>	<b>Annosvastaavuus *)PA-keuhkokuva (kpl)</b>	<b>Annosvastaavuus altistumisaikana taustasäteilylle</b>
Raaja, esim. polvi	0,01	0,3	1 päivä
Nenän sivuontelot	0,03	1	3 päivää
Keuhko (PA- ja LAT-kuva)	0,1	3	12 päivää
Keuhko (PA-kuva)	0,03	1	3 päivää
Kallo	0,1	3	12 päivää
Mammografia	0,2	7	24 päivää
Kaularanka	0,2	7	24 päivää
Rintaranka	1,0	33	4 kuukautta
Lanneranka	2,3	77	9 kuukautta
Lantio	1,3	43	5 kuukautta
Vatsa (natiivi)	2,2	73	9 kuukautta
Virtsatie (urografia)	4,7	160	1,5 vuotta
Paksusuoli	9,1	300	3 vuotta
<b>Tietokonetomografiat</b>			
Pää	1,3	43	5 kuukautta
Lanneranka	5,0	170	1,5 vuotta
Vatsa	12	400	4 vuotta
*) PA = selän puolelta otetut			

## Ongelmat

Efektiivinen annos ottaa käsitteenä huomioon säteilyn jakautumisen (eri elinten ja kudosten saamat annokset) ja eri elinten ja kudosten riskitekijät. Julkaistuissa mittauksissa säteilyn jakautumista on selvitetty erilaisilla fantomeilla, joiden on arveltu vastaavan keskimääräistä ihmistä. Koska ihmisten koko kuitenkin vaihtelee ja etäisyydet kuvantamiskohteesta voivat vaihdella huomattavasti esimerkiksi puolenkilon keskosen ja yli satakiloisen potilaan välillä, kohde-



elimen annos tulee myös erilaisilla potilailla laskea eri tavalla. Riskin arvioimisen efektiivisen annoksen perusteella tekee hankalaksi myös se, että todellisuudessa riskikertoimet vaihtelevat esim. iän ja sukupuolen mukaan. Jälleen kerran törmäämme sikiön ja lapsen kudosten erilaiseen herkkyyteen ja tällöin myös painotuskertoimet tulisi aina määritellä uudelleen. Myös kohde-elimen koko, määrä ja jakautuminen voi iän suhteen vaihdella – hyvänä esimerkkinä tästä on luuytimen määrän jakautuminen eri ikäkausilla.

Painotuskerrointen suhteen on myös tapahtunut vuosien kuluessa muutoksia. Tärkeimmät määrittelyt on tehty vuosina 1977, 1990 ja vasta aivan äskettäin. Suurimmat vaihtelut eri vuosien painotuskertoimissa ovat gonadien ja rintarauhasen kohdalla. Näin eri aikoina lasketut efektiiviset annokset eivät aina ole vertailukelpoisia keskenään.

## **Lopuksi**

Efektiivinen annos on vertailukelpoinen mittari, jonka avulla eri menetelmillä tehtyjä tutkimuksia voidaan verrata keskenään. Efektiivinen annos soveltuu huonosti yksittäisen potilaan riskiarviointiin ja sädetutkimusten riskiarviointiinkin vain huomattavin rajoituksin.

## **DIGITAALINEN KUVANTAMINEN**

# **ICRP:n suositus digitaalisesta kuvantamisesta – ICRP Publication 93**

**Timo Kiljunen**  
**Säteilyturvakeskus**

### **Johdanto**

Viimeisen vuosikymmenen aikana perinteinen röntgenkuvantaminen ja läpivalaisu ovat digitalisoituneet kiihtyvällä vauhdilla länsimaissa. Siirtyminen perinteisistä röntgenfilmeistä digitaaliseen kuvanmuodostukseen vaatii uudenlaista tekniikkaa. Digitaalisen kuvan prosessointi, luenta, tallentaminen ja jakaminen vaativat tietokoneita, digitaalisia tietoverkkoja sekä arkistointi- ja tietoliikenneyhteyksiä (PACS). Digitaalisten ilmaisinten laaja dynaaminen alue vähentää tarvetta yli- ja alivalottuneiden kuvien uusimiseen. Laaja dynaaminen alue ja kuvien jälkikäsitteily kuitenkin vaikeuttavat yli- ja alivalottuneiden kuvien tunnistamista, sillä diagnostinen kuvanlaatu voi olla molemmissa tapauksissa sama. Flat panel -ilmaisinten avulla on mahdollista saavuttaa 30–50 % pienempiä potilaan säteilyannoksia ilman kuvanlaadun huononemista. Laaja dynaaminen alue mahdollistaa myös potilasannoksen ja kuvanlaadun räätälöinnin erityisryhmiä, kuten esimerkiksi lapsipotilaita varten. Lisäksi digitaali-tekniikka mahdollistaa nopean etädiagnosoinnin ja asiantuntijakonsultoinnin teleradiologiaa hyväksikäyttäen.

### **ICRP:n suositus**

Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta (ICRP) julkaisee vuosittain ohjeita ja suosituksia luonnonsäteilyn, lääketieteellisen ja teollisen säteilyn käytön sekä ydinvoiman aiheuttaman säteilyriskin hallitsemiseksi. ICRP julkaisi vuonna 2004 suosituksen, joka käsittelee potilasannosten hallintaa digitaalisessa kuvantamisessa: Managing Patient Doses in Digital Radiography – ICRP Publication 93. Julkaisu on tarkoitettu röntgenhoitajille, radiologeille, sairaalafysikoille ja muille, joilla on perustiedot röntgenkuvantamisesta, ja se on kirjoitettu yleistyisesti ja käytännönläheisesti. Julkaisu käsittelee potilasannoksen ja kuvanlaadun välistä yhteyttä digitaalisessa kuvantamisessa, sekä laadunvalvontaan ja säännöksiin liittyviä seikkoja. Lisäksi julkaisussa on liitteinä tietoa annos-

suureista ja digitaalisten järjestelmien teknisistä ominaisuuksista sekä ohjeita digitaalikuvantamiseen siirryttäessä tarvittavan lisäkoulutuksen sisällöstä.

Tässä esitetään yhteenveto ICRP:n suosituksessa kuvatuista tärkeimmistä periaatteista digitaalisessa kuvantamisessa.

## Digitaalitekniikan perusteet

Digitaalisista kuvareseptoreista tavallisin on 1980-luvulla kehitetty digitaalinen kuvalevy. Kuvalevyllä syntyy röntgensäteilyn absorboinnin jälkeen metastabiileja viritystiloja, jotka voidaan purkaa stimuloimalla levyä valolla. Röntgenkuvauksen jälkeen kuvalevy skannataan lasersäteellä, jolloin viritykset purkautuvat sinisenä valona, jonka intensiteetti on verrannollinen alkuperäisen röntgensäteilyn määrään. Kuvanlukijalaite mittaa emittoituneen valon määrän jokaisessa kuva-alkiossa (pikselissä) erikseen ja määrää ilmaisee kyseisen kohdan kirkkauden. Koska haluttu kirkkaus voidaan valita vastaamaan kuvakohtaisesti tiettyä valomäärää, saadaan valotus periaatteessa aina säädetyksi ”oikeaksi”, eikä yli- tai alivalottuneita kuvia tule. Digitaalisen kuvalevyn käyttöönotto ei vaadi generaattorin, röntgenputken tai bucky-järjestelmän vaihtoa.

Läpivalaisututkimuksissa perinteisesti käytettyä kuvanvahvistin-monitoriketjua käytetään myös digitaalisen kuvan tuottamiseen. Kuvanvahvistimen sisällä on CsI:sta valmistettu sisäänmenovarjostin, jonka tuottama näkyvä valo irrottaa elektroneja fotokatodilta. Elektronit kiihdytetään kuvanvahvistimessa 20–30 kV:n jännitteellä ja kohdistetaan ulostulovarjostimelle. Ulostulovarjostimelle syntyvää kuvaa digitoidaan (esim. CCD kamera) ja kuvaa tarkastellaan monitorilta kameran välityksellä.

Nykyään ns. flat panel-detektorit (aktiivimatriisidetektorit, litteät kuvanilmaisimet) ovat yleistymässä digitaalisina kuvareseptoreina. Niissä röntgensäteily muunnetaan CsI-kerroksessa näkyväksi valoksi, joka tuottaa sähköisen signaalin amorfisesta piistä valmistetun fotodiodimatriisin avulla. Toinen tapa on muuntaa röntgensäteily suoraan sähköiseksi signaaliksi amorfisen seleenin avulla, jolloin röntgensäteilyn absorboituessa syntyvät elektroni-aukkoparit vedetään sähkökentän vaikutuksesta vastakkaisille puolille ja varaus luetaan mikroelektrometrillä.

Digitaalista kuvaa voidaan tarkastella näyttöpäätteen avulla ja kuva voidaan kehittää myös filmille. Digitaalista kuvaa voidaan helposti käsitellä halutulla tavalla: sitä voidaan suurentaa ja pienentää, sen harmaaskaalaa voidaan muuttaa vapaasti ja kuvia voidaan yhdistellä. Digitaalinen kuvantaminen helpottaa arkistointia, kun kuvat tallennetaan sähköisesti ja kuvat on helppo hakea tietokannoista uudelleen käyttöön.

## Potilasannos ja kuvanlaatu

Digitaalisessa röntgenkuvantamisessa jotkut kuvanlaatua kuvaavat parametrit (esimerkiksi kohina) korreloivat hyvin potilaan saaman säteilyannoksen kanssa. Potilasannosta nostamalla kuvanlaatua voidaan parantaa huomattavasti signaali-kohinasuhteen (SNR) kasvaessa. Tämä on merkittävin ero perinteiseen filmikuvantamiseen verrattuna, jossa suhteellisen pieni annoksen korottaminen voi tuottaa ylivalottuneen kuvan. Koska digitaalinen kuvantaminen mahdollistaa entistä paremman diagnostisen kuvanlaadun, on vaarana, että käytetään suurempia potilasannoksia kuin diagnoosin kannalta on välttämätöntä. Eri tutkimukset vaativat erilaista kuvanlaatua ja kaikille tutkimuksille tulisiakin vakiinnuttaa laatuksiteerit, joiden tarkoituksena on ehkäistä annoksia, joiden avulla ei saavuteta kliinistä lisäinformaatiota.

Digitaalisissa läpivalaisulaitteissa kuvien ottaminen (ja tuhoaminen) on hyvin helppoa, sillä kuvauskasettia ei tarvitse vaihtaa kuvien välillä. Lisäksi eksponointien suuri määrä mahdollistaa suuremman kuvavalikoiman ja helpottaa näin kliinisen diagnoosin tekemistä. Esimerkiksi perinteisestä läpivalaisusta digitaaliseen läpivalaisuun siirtyminen kasvatti eksponointien määrää keskimäärin nelinkertaiseksi ylemmän ruuansulatuskanavan tutkimuksissa (Axelsson ym. 2000). Samalla kuitenkin myös potilasannokset nelinkertaistuivat. On erityisen tärkeää, että tutkimusohjeissa ja koulutuksessa kiinnitetään huomiota myös eksponointien määrään.

Koska digitaalisessa kuvantamisessa potilasannosten kasvua ei välttämättä huomata ilmaisinten laajan dynaamisen alueen takia, potilasannokset saattavat liukua hiljalleen ylöspäin. Siksi potilasannosten seuraaminen laadunvalvonnan ohessa on tehtävä säännöllisesti ja tiheämmin väliajoin kuin aiemmin filmikuvausten aikana. Röntgenlaitteissa tulisi olla potilasannosta osoittava näyttö annosseurannan helpottamiseksi. Vertailutasoista on hyötyä verrattaessa sairaalan keskimääräisiä potilasannoksia yleiseen annostasoon.

## Käytännön ohjeita potilasannoksen hallitsemiseksi digitaalisessa kuvantamisessa

- Otettaessa uusi digitaalinen tutkimuslaite käyttöön, potilasannosten ja riittävän kuvanlaadun välille on etsittävä tasapaino.
- Vältä ”hyödyttömien” kuvien poistamista arkistosta ja suorita hylkäyskuvien analysointi määrääjoin.
- Käytä hyväksi työaseman mahdollistamia kuvankäsittely- ja visualisointiominaisuuksia.
- Identifioi kuvat perusteellisesti, jotta ne löydetään arkistosta myöhemmin.

- Kalibroi valotusautomaatti käytettävissä olevan ilmaisimen herkkyyden ja valitun jälkikäsittelyalgoritmien mukaisesti.
- Vältä käsiarvoja, jos valotusautomaatin käyttö on mahdollista. Käytä valotusautomaattia oikein (esim. keskidetektorin käyttö thorax PA -kuvissa aiheuttaa ylimääräisen säteilyannoksen).
- Säännöstele yhtä tutkimusta kohden otettujen kuvien määrää. Kuvien määrän ei tulisi kasvaa filmikuvantamiseen verrattuna.
- Käytä mieluummin läpivalaisua kuin sarjaeksponointeja. Läpivalaisun potilasannokset ovat huomattavasti vastaavia sarjakuvauksia alhaisemmat.
- Järjestä röntgenhoitajia varten riittävästi kuvien jälkikäsittelytyöasemia, jotta kuvien uusintoja voidaan jälkikäsittelyn avulla vähentää.
- Kiinnitä huomiota kuvauskonsolin annosnäyttöön ja seuraa annostasoa jatkuvasti.
- Mahdollista helppo pääsy kuvanhallintatietokantaan (PACS:iin), jotta uusintakuvauksilta välttyttäisiin.
- Kiinnitä huomiota anatomianmukaiseen säteilykeilan rajaukseen. Kuvankäsittelyohjelmat saattavat rajata ylimääräiset osat kuvasta jälkikäteen, jolloin liian suuren alueen säteilytystä ei välttämättä kuvia tarkastellessa huomata.
- Valitse sopivat kuvausparametrit (jännite, sähkömäärä, kuvausetäisyys, jne.) jokaiselle tutkimukselle erikseen.

Taulukkoon I on kerätty joitakin toimenpiteitä tai digitaallilaitteen toimintaan liittyviä seikkoja ja niiden vaikutuksia potilasannokseen ja kuvanlaatuun.

## Kirjallisuutta

1. International commission on radiological protection. Managing Patient Dose in Digital Radiography. ICRP Publication 93. Oxford: Elsevier Ltd; 2004.
2. Tapiovaara M, Pukkila O ja Miettinen A. Röntgensäteily diagnostiikassa. Kirjassa: Pukkila O (toim.). Säteilyn käyttö. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2004.
3. Axelsson B, Boden K, Fransson SG, Hansson IB, Persliden J, Witt HH. A comparison of analogue and digital techniques in upper gastrointestinal examinations: absorbed dose and diagnostic quality of the images. Eur. Radiol. 2000; 10: 1351–1354.

**Taulukko I.** Toimenpiteitä tai digitaalilaitteen toimintaan liittyviä seikkoja ja niiden vaikutuksia potilasannokseen ja kuvanlaatuun.

<b>Toimenpide</b>	<b>Vaikutus potilas-annokseen</b>	<b>Vaikutus kuvanlaatuun ja diagnostiseen informaatioon</b>
Kuvan kohinaisuuden alentaminen (SNR:n parannus)	kasvu	parannus
Merkittävä kohinaisuuden alentaminen (joka johtaa joidenkin kohdealueiden satureitumiseen)	kasvu	huononeminen, uusintakuvaukset
Käyttämättömien kuvien tuhoaminen työasemalta	kasvu	käyttökelpoisen informaation häviäminen mahdollista, uusintakuvausten kontrolli vaikeutuu
Kuvienkatselutyöaseman huono laatu (monitorin kirkkaus ja kontrasti, työhuoneen valaistus, jne.)	kasvu	kliinisen informaation väheneminen
Kuvienkäsittelytyöaseman kuvankäsittelyohjelmien toiminnan opettelu ja oikea käyttö	alennus	kliinisen informaation kasvu
Ongelmat kuvien jälkikäsittelyssä ja tietoverkon tai arkiston toimintahäiriöt	kasvu	satunnainen kuvien katoaminen ja kuvien uusinnat
Kuvien häviäminen tietoverkkoon vaillinaisesta identifiointista johtuen	kasvu	uusintakuvat
PACS:iin tallennettuja kuvia ei voida jälkikäsitellä	kasvu	tiedon häviäminen ja uusintakuvat
Helppo ja nopea yhteys PACS:iin aikaisempien kuvien tarkastelua varten	alennus	parannus
Annosnäyttö tutkimuslaitteen yhteydessä	alennus	ei vaikutusta
<b>Natiivi röntgenkuvaus</b>		
Valotusautomaatin väärinkäyttö ja epätäydellinen kalibrointi tai valotusautomaatin puuttuminen	kasvu	huononeminen, uusintakuvaukset
Huonolaatuisen kuvalevyn käyttö	kasvu	huononeminen, uusintakuvaukset
Tutkimusta kohti otettujen kuvien vähentäminen kuvien jälkikäsitteilyn avulla	alennus	ei vaikutusta
Optimoitujen kuvausarvojen käyttö	alennus	lievä parannus tai huononeminen
<b>Läpivalaisu</b>		
Eksponointien määrän kasvu	kasvu	parannus
Suurennoksen käyttö erotuskyvyn parantamiseksi sekä ns. high-dose ohjelmien käyttö läpivalaisun aikana	kasvu	parannus
Kentän raja	alennus	ei vaikutusta
Pulssitetun läpivalaisun käyttö	alennus mahdollinen	mahdollisesti lievä huononeminen

## **DIGITAALINEN KUVANTAMINEN**

# **Digitaalisen röntgenkuvantamisen laadunvarmistus**

**Riitta Junell**

### **Digitaalisen röntgenkuvantamisen ja filmikuvantamisen eroja**

Filmikuvantamisessa tarvitaan vahvistuslevyjä ja filmi täytyy kehittää ja esittää valotaululla. Digitaalisessa röntgenkuvantamisessa kuva saadaan suoraan digitaaliseen muotoon. Digitaalikuva saadaan nopeasti tarkasteltavaksi monitorilla, sitä voidaan käsitellä ja tarvittaessa se voidaan siirtää tietoverkkoja pitkin ja tulostaa. Filmikuvantamiseen verrattuna digitaalisessa kuvantamisessa on usein mahdollista pienentää potilaan saamaa säteilyannosta ja (tai) parantaa kuvien laatua. Toisaalta säteilyannokset voivat myös kasvaa, ellei niihin kiinnitetä huomiota. Tämä johtuu siitä, että digitaalisessa kuvantamisessa ei ole filmin ylivalottumisen määräämää ylärajaa säteilyannoksen kasvattamiselle.

### **Digitaalisessa röntgenkuvantamisessa käytetyt tekniikat**

Digitaalisessa röntgenkuvauksessa potilaan läpäisseen röntgensäteilyn ilmaisimena käytetään yleisimmin kuvalevyjä, litteitä kuvareseptoreja tai CCD-kennoja. Ilmaisin voi varastoida säteilystä absorboitunutta energiaa myöhempiä luentaa varten tai muuttaa sen välittömästi digitaaliseen muotoon. Kuvalevy toimii niin, että osa röntgenkvanttien energiasta varastoituu fosforilevyn elektronirakenteeseen viritystiloina, jotka puretaan laservalolla ja luetaan valomonistinputken avulla. Ns. suoradigitaalilaitteiston litteässä kuvareseptorissa säteilyenergia voidaan muuntaa sähköiseksi signaaliksi joko suoraan tai muuntamalla se ensin valoksi loisteaineessa. Varaukset luetaan TFT (thin film transistor)-matriisilla. CCD-detektori (charge coupled device) taas sisältää loisteaineen ja optisen kytkennän CCD-kennolle tai -kennoille.

### **Röntgenlaitteiston elinkaari**

Röntgenlaitteiston elinkaaren voidaan ajatella alkavan siitä, kun sairaalassa määritellään, millaisia ominaisuuksia hankittavalta laitteelta vaaditaan. Tämän jälkeen lähetetään tarjouspyynnöt, valitaan ostettava laitteisto ja tehdään

hankintasopimus. Asennuksen aikana ja sen jälkeen laitteistolle suoritetaan lukuisia laadunvarmistustestauksia laitetoimittajan ja laitteiston ostajan toimesta. Ensin asentaja suorittaa kriittisen tarkastuksen laitteistolle, ja sen jälkeen ostajan edustaja tekee vastaanottotarkastuksen. Kun laite on näillä testeillä todettu hyvin toimivaksi ja sovitulla tavalla asennetuksi, alkaa varsinainen käyttöönottotestaus. Käyttöönottotestauksessa mitataan alkuarvot eli vertailuarvot tulevia vakioisuustestejä varten ja tehdään asetukset kliinistä käyttöä varten. Vasta em. vaiheiden jälkeen aletaan laitteella kuvata potilaita. Myös STUK tekee laitteistolle käyttöönottotarkastuksen ja määräaikaistarkastuksia. Kliinisen käytön aikana laitteistolle suoritetaan huoltoja sekä vakioisuustestejä, ja tarvittaessa vertailuarvot määritetään uudestaan. Elinkaari päättyy käytöstä poistoon tai laitteiston muuttamiseen vaihtoehtoiseen käyttöön.

## **Muutoksia testikohteisiin siirryttäessä digitaalisiin röntgenlaitteisiin**

Laadunvarmistusmittauksia tulisi tehdä ennalta määrätyin aikavälein, huoltojen tai säätöjen jälkeen ja lisäksi silloin, kun laitteiston toiminnan epäillään muuttuneen tai häiriintyneen. Filmilaitteiden laadunvarmistukseen on STUKin ohjeessa ST 3.5 esitetty mittauksia kehitysprosessin, kuvanlaadun, valomerkkien, kehityshuoneen, generaattorin säätöarvojen, valotusautomaatin, kasettien, vahvistuslevyjen, hilojen, säteilysuojaimien, valokaappien sekä filmivaraston testaamiseksi. Kun ajatellaan digitaalista röntgenkuvantamisjärjestelmää, testauksista jäävät pois kaikki filmien kehitykseen ja tarkastuksiin liittyvät testit, paitsi mikäli kuvia tulostetaan myös filmille, jolloin testejä tehdään soveltuvien osien. Oleellista on mm. että tulostettu kuva on samannäköinen kuin kuva on monitorilta tarkasteltuna ja että tulostusjälki pysyy samanlaisena päivästä toiseen. Uusina asioina testeihin tulee liittää kuvausprosessin, mahdollisen lukijalaitteen ja tulostinten testaus, kuvadetektorin tai kasettien kunnon testaus, sekä monitorien toiminnan tarkastus. Myös kuvansiirron, digitaalisen arkiston ja kuvausohjelmien toiminnasta on syytä varmistua. Digitaalisessa ja filmikuvantamisessa tarvitaan samantyyppisiä testauksia, kun tarkastetaan valo- ja säteilykentän yhtäpitävyyttä, generaattorien säätöarvoja, valotusautomaatteja, hiloja, säteilysuojaimia, sekä mahdollisia valokaappeja.

## **Testien suoritusjärjestys**

Testien suoritusjärjestyksen tulisi olla sellainen, että ensin testataan se tulostin tai monitori, jota käytetään laadunvarmistustestien tarkastelussa. Kun tämän laitteen on havaittu toimivan kuten pitääkin, voidaan siirtyä varsinaiseen



vakioisuustestaukseen. Testituloksia verrataan käyttöönottotestauksissa määritettyihin vertailuarvoihin ja niille asetettuihin toimenpiderajoihin. Jos laitteisto ei läpäise jotakin testivaihetta, syy tähän selvitetään ja suoritetaan tarvittavat säädöt, korjaukset tai huoltotoimenpiteet. Röntgenkuvausjärjestelmien testaamiseen on olemassa useita testivälineitä, testikappaleita ja testikuvia.

## **Mitä testejä laadunvarmistussuosituksissa on esitetty?**

Digitaalisen röntgenkuvantamisen laadunvarmistusta on käsitelty esimerkiksi järjestöjen American Association of Physicists in Medicine (AAPM), King's Centre for the Assessment of Radiological Equipment (KCARE), ja International Commission on Radiological Protection (ICRP) toimesta, sekä Tanskan säteily-suojeluorganisaation toimittamassa oppaassa ja DIN 6868 -standardisarjassa. Suosituksissa esitetyt testien suoritustavat ja suositeltavat testaustaajuudet poikkeavat toisistaan paljon. Osa laadunvarmistusta käsittelevistä dokumenteista on kuitenkin vasta luonnosasteella, ja lisää suosituksia on luultavasti tulossa. Seuraavassa keskitytään käsittelemään laadunvarmistussuosituksissa esitettyjä käytönaikaisia testejä, jotka liittyvät digitaalisiin röntgenlaitteisiin ja niiden kanssa käytettäviin monitoreihin ja tulostimiin.

Levykuvantamislaitteita testattaessa huomiota kiinnitetään kuvalevyjen ja laserlukijan kuntoon ja yleiseen kuvanlaatuun. Kuvalevyjä ja kasetteja testataan silmämääräisesti, jotta varmistutaan niiden puhtaudesta, ja lisäksi seurataan levyjen annosindikaattoreita. Lukijaosan toimintaa kuvaavia testattavia ominaisuuksia ovat kuvan homogeenisuus, kuvalevyjen tyhjentyminen ja laser-säteen toiminta. Levykuvantamisjärjestelmille voidaan suorittaa myös kasettien luenta-ajan mittaus. Lisäksi sellaisia koko järjestelmän toimintaa kuvaavia testejä, joita tarvitaan sekä levykuvantamis- että suoradigitaalilaitteille ovat annosmittaukset, valokentän ja sädekentän yhtäpitävyyden tarkastus, annosindikaattorin seuraaminen, pituusmittaukset ja dynaamisen alueen testaaminen. Uusintakuvien määrää ja potilasannoksia on myös syytä seurata.

Kuvanlaatuun liittyviä testejä, jotka soveltuvat sekä suoradigitaalisille että levykuvantamislaitteille, ovat esimerkiksi matalakontrasti- ja paikkaerotuskykytestit, kuvavirheiden (artefact) testaaminen ja kohinamittaukset. Kuvavirheitä etsittäessä tulee huomioida erityisesti sumeutuminen (blur). Suoradigitaalilaitteissa voi esiintyä myös eri ilmaisinten antamien kuvien yhdistämisestä aiheutuvia virheitä. Esimerkiksi CCD-ilmaisimessa saatetaan käyttää useita vierekkäisiä CCD-kennoja, joiden tuottamat signaalit yhdistetään. Kuvavirheitä voi aiheutua myös muista seikoista, kuten esimerkiksi toimimattomista pikseleistä.

Kuvamonitoreja testattaessa on huomioitava monitorin puhtaus ja sijainti

erityisesti ympäristön valaistuksen osalta. Testauksilla on etsittävä kuvavirheitä ja epästabiilisuuksia sekä geometrisia vääristymiä. Lisäksi voidaan testata kuvan viivarakennetta, kirkkausominaisuuksia (luminanssi), paikkaerotuskykyä, kontrastia, väriominaisuuksia, harmaaskaalaa, kirkkautta ja kontrastia, näytön kohinaa ja ”sisäistä loistetta” (veiling glare) sekä homogeenisuutta.

Tulostimien kemikaalimääriä tulee seurata. Tulosteen optisia tiheyksiä voidaan testata pistemittauksilla densitometrin avulla tai silmämääräisillä arvioilla. Tulostimien ja monitorien kirkkauksien vastaavuus voidaan tarkistaa. Lisäksi voidaan testata tulosteiden paikkaerotuskykyä, homogeenisuutta ja kontrastia.

## Kirjallisuutta

1. Busch HP. Image quality and dose management for digital radiography. Dimond III. 2004. Saatavissa: <http://www.dimond3.org/>.
2. DIN V 6868-12. Image quality assurance in X-ray diagnostics – Part 12: Constancy tests for hard copy cameras. Deutsches Institut für Normung, 1996. 4 s. Julkaistu saksankielisenä.
3. DIN V 6868-57. Image quality assurance in diagnostic X-ray departments – Part 57: Acceptance testing for image display devices. Deutsches Institut für Normung, 2001. Julkaistu saksankielisenä.
4. DIN V 6868-58. Image quality assurance in diagnostic X-ray departments – Part 58: Acceptance testing of projection radiography systems with digital image receptors. Deutsches Institut für Normung, 2001. 17 s. Julkaistu saksankielisenä.
5. DIN 6868-13. Image quality assurance in X-ray departments – Part 13: Constancy testing of projection radiography systems with digital image receptors. Deutsches Institut für Normung, 2003. 24 s. Vahvistettu ja julkaistu saksankielisenä.
6. International Commission on Radiological Protection. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 60. Oxford: Pergamon Press; 2004.
7. KCARE, Protocol for the QA of computed radiography systems, Commissioning and annual QA tests. Version 5.2., 24.2.2004.
8. KCARE, Protocol for the QA of computed radiography systems, Routine QA tests. Version 5.0., 24.2.2004.
9. KCARE, Protocol for the QA of direct digital radiography systems, Commissioning and annual QA tests. Version 5.2., 24.2.2004.
10. KCARE, Protocol for the QA of direct digital radiography systems, Routine QA tests. Version 4.0., 22.9.2003.

11. Samei E, Badano A, Chakraborty D, Compton K, Cornelius C, Corrigan K, Flynn MJ, Hemminger B, Hangiandreou N, Johnson J, Moxley M, Pavlicek W, Roehrig H, Rutz L, Shepard J, Uzenoff R, Wang J, and Willis C. Assessment of Display Performance for Medical Imaging Systems. Draft Report of the American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Task Group 18, Version 10.0, August 2004. Saatavissa: <http://deckard.mc.duke.edu/~samei/tg18/>.
12. Seibert, J. A. Acceptance testing and quality control of photostimulable phosphor imaging systems, Report of task group 10. AAPM. 2003, versio 5.0.
13. Statens Institut for strålehygiejne. Vejledning om kontrol af CR-systemer. 2003, versio 1.0. Saatavissa: [http://www.sst.dk/upload/vejl\\_kontrol\\_cr\\_systemer\\_160903.pdf](http://www.sst.dk/upload/vejl_kontrol_cr_systemer_160903.pdf). ISBN 87-91361-60-5.
14. Lääketieteellisten röntgentutkimuslaitteiden ja röntgenfilmien kehityksen laadunvalvonta. Ohje ST 3.6. Säteilyturvakeskus (3.12.1991).

## DIGITAALINEN KUVANTAMINEN

# Laadunvarmistuksen käytännön toteuttaminen (levykuvantamislaitte)

**Rauno Hämäläinen**  
**Kuopion yliopistollinen sairaala**

Digitaalinen tekniikka asettaa uusia näkökulmia ja painoarvoja laadunvalvonnan toteuttamiselle röntgenkuvantamisessa. On siirrytty kehityskoneesta ja röntgenfilmistä digitaaliseen kuvantamiseen. Kuvan tarkastelu tapahtuu useimmin monitorilta, harvemmin enää lasertulostimen filmiltä. Säteilyä ei kuitenkaan ole voitu korvata biteillä joten röntgenin perusasiat pysyvät samoina. Säteilyannosta tarvitaan kuvan muodostamiseksi ja koko kuvantamisketjun laadunvalvonta on edelleen tärkeää.

Levykuvantamisessa laadunvalvonta aloitetaan tulostimesta, jonka jälkeen edetään kuvamonitoriin ja edelleen levykuvantamislaitteeseen.

### Laadunvalvontaohje

Levykuvantamislaitteen laadunvalvontaohje voidaan sisällyttää röntgenlaitteiden laadunvalvontaohjelmaan. Laadunvalvontaohje voi olla jaettu mittausohjeeseen ja yksityiskohtaisempaan suoritusohjeeseen. Mittausohje sisältää esimerkiksi seuraavat asiat:

Mittauskohde	Levykuvantamislaitteet järjestelmänä
Mitattavat ominaisuudet	Kuvan tummuus, kontrasti, reuna-alueiden virheet, herkkyys, kohina, terävyys, geometriset vääristymät, artefaktat, viivanerotuskyky
Mittausvälineet	Laitteistojen omat testausohjelmat ja -fantomit, standartifantomi, viivain, densitometri, annosmittari, (kV-mittari), monitortesteri
Mittausmenetelmä	Suoritusohjeet ja valmistajan ohjeet

Toistoväli	1–3 kk ja tarvittaessa, tulostimelle kalibrointi kerran viikossa
Mittauksesta vastaava	Laadunvalvonnasta vastaava röntgenhoitaja
Dokumentti	Mittauspöytäkirja, testikuva, laadunvalvontaohjelman tuottama tuloste tai tiedosto
Tuloksien arviointi	Laitevalmistajan ilmoittamat ja omat raja-arvot. Korjataan tai säädetään jos tarvetta.

Suoritusohjeissa ja laitevalmistajan ohjeissa esitetään menetelmät käytännössä.

## Tulostimen tarkastaminen

- Muutokset filmin mustumassa, 1 kk:n välein
  - 17-mustumaportainen testikuvio
  - tarkastaminen suoritetaan automaattisen tummuuden asettelun jälkeen
  - mitataan densitometrillä portaat 5, 9 ja 13
  - sallitut poikkeamat perusarvosta: step 5  $\pm 0,05$ , step 9  $\pm 0,20$ , step 13  $\pm 0,25$
- SMPTE testikuvan silmämääräinen tarkastelu ja mittaaminen viivaimella, 3 kk:n välein
  - artefaktat, muoto, valoisuudenvaihtelut, mittatarkkuus  $\pm 5 \%$  perusarvosta (mm)

Nykyaikaiset kuivalasertulostimet toimivat luotettavasti. Tummuuden tarkastaminen ja kalibrointi tapahtuu automaattisesti vähintään aina uuden filmpakan asettelun jälkeen. Päivittäisiä tai viikoittaisiakaan huoltokohteita ei välttämättä ole. Tulokset kirjataan ko. lomakkeelle.

## Kuvamonitorien tarkastaminen

Kuvamonitorien tarkastelu ja mittaaminen tapahtuvat erilaisia monitorin testikuvia hyväksikäyttäen. Testikuvan tulisi vastata monitorin suurinta suositeltua resoluutiota. Valmistajan ohjeet eivät anna kaikkiin tuloksiin valmiita raja-arvoja vaan käyttäjä voi itse valita toimenpiderajat (tulosten hyväksyntärajat). Testaukset on pääsääntöisesti ehdotettu suoritettaviksi 3 kuukauden välein. Tarkasteltavia kohteita ovat:

- katseluolosuhteet

- ympäristön valon määrä, heijastumat, heijastuvan valon määrä; mitä vähemmän on heijastuksia, sen parempi
- maksimi- ja minimivalomäärän mittaust
  - maksimiluminenssi  $\pm 20 \%$ , minimiluminenssi  $\pm 25 \%$  vertailuarvosta ( $\text{cd/m}^2$ )
- valoisuuden tasaisuus testikuvasta, monitorin nurkat ja keskialue
  - luminenssin epätasaisuus, vaihtelu vertailuarvosta  $\pm 20 \%$  ( $\text{cd/m}^2$ )
- geometriset vääristymät (kuvaputkimonitori)
  - mitataan testikuvasta viivaimella näytön pinnalta
  - kuvan koko, muoto ja keskitys, mittatarkkuus  $\pm 5 \%$  perusarvosta (mm)
- harmaasävyasteikko, visuaalinen tarkastelu
  - 7-portainen harmaasävyasteikko
  - portaiden määrä, haamukuvat, reunakaiku mustan ja valkean rajakohdassa
- resoluutio, visuaalinen tarkastelu
  - tarkastellaan valoisuuden vaihtelua ja testikuvion erottelua monitorin eri alueista (nurkat ja keskeltä), horisontaali- ja vertikaalisuunnissa
- 50 % harmaasävykuvan tarkastelu, visuaalinen tarkastelu
  - vilkkumiset ja kuvan kenttien lomitusergelmat
  - kuva palanut näyttöön
  - pimeät ja kirkkaat pikselit, pieni määrä hyväksyttävissä ( $n < 10$ )
  - paluujuovat
- värin ja sävyn säädöt, visuaalinen tarkastelu
  - väritasapaino
  - värien sekoittuminen
- ME kirjainkuvio, visuaalinen tarkastelu
  - vaihtelu tasaisuudessa kuva-alalla
- SMPTE testikuva, visuaalinen tarkastelu
  - joka päivä
  - terävyys, valoisuus, kontrasti (5 % kontrastierotus), geometria, artefaktat, sävy
- klininen kuva, visuaalinen tarkastelu
  - joka päivä
  - näyttääkö kuva ”oikealle”.

Vaikka tarkasteltavia kohteita on paljon, on silmä nopea havaitsemaan epäkohdat kuvista. Yhdellä silmäyksellä näkee paljon ja testit ovat nopeita suorittaa.

Monitorin säätimien asetukset tulisi olla kirjattu, myös vikavihkoon. Ennen laadunvalvonnan suorittamista ja ongelmatapauksessa voi säätimien asetukset pikaisesti tarkastaa ja asettaa oikeiksi. Aina ei vika ole monitorissa,

vaan se löytyy usein myös kaapeleista, näytönohjaimesta tai sen asetuksista ja sähköisistä häiriöistä. Näytön ohjaimen asetuksissa (resoluutio ja virkistystaajuus) tulisi käyttää monitorin valmistajan suositamia arvoja. Oikeat asetukset vaikuttavat paitsi kuvan laatuun myös monitorin ikään. Monitorissa voi olla myös gamma- ja värilämpötilasäädöt, jotka vaikuttavat myös kuvaan monitorilla.

Väärin säädetyistä monitorista johtuen saattavat filmitulosteet ja arkistoon menevien kuvien parametrit olla väärin asetettu ja vikaa haetaan ”väärästä päästä”.

**Esimerkki:** Erään uuden lcd-monitorin säätimien käyttöönottoasetukset.

contrast	100 %
brightness	90 %
range adjust	red = 50 %
	green = 50 %
	blue = 50 %
colour mode	custom
temperature (K°)	off
saturation	0
hue	0
gain	red = 100 %
	green = 100 %
	blue = 100 %

Monitoria on säädettävä sen vanhetessa ja säätimien uudet asetukset on päivitettävä kirjauksiin.

## Levykuvantamislaitteen tarkastaminen

Tarkastelu ja mittaaminen tapahtuvat joko tasaisesta kenttäkuvasta tai fantomikuvasta. Laadunvalvontaohjelmistoa käytettäessä tekee ohjelma automaattiset laskelmat, lukuun ottamatta visuaalista tarkastelua vaativia kohteita. Alla mainitut toimenpiderajat (hyväksyntärajat) ovat ohjeellisia tai käyttäjän määriteltävissä (X %). Testaukset on pääsääntöisesti ehdotettu suoritettaviksi 1 kuukauden välein. QL-arvo on luminenssimäärä muutettuna logaritmiseksi arvoksi: *”the term QL represents an image data value that is obtained by simply converting the amount of luminescence to a logarithmic value. In the setting of this program, QL value per digit is 256 QL. 1 QL is equal to approx. 1 %.”*

Huomio! Käytä puhdasta, erasoitua ja ehyttä kuvalevyä ja vakioituja asette-  
luja.

Tarkastelukohteet tasaisesta kenttäkuvasta:

- relative sensitivity
  - suhteellinen herkkyys tietyllä annoksella,  $\pm 30 \%$  vertailuarvosta (S-arvo)
- shading test
  - epämääräisyydet kuvalevyn eri osissa,  $\pm 40 \text{ QL}$
- image noise
  - kuvan kohina,  $\pm 30 \%$  (RMS)

Tarkastelukohteet fantomikuvasta:

- sharpness test, perustuu taajuusanalyysiin
  - reuna-alueen portaan terävyys,  $\pm X \%$  (MTF)
- jitter test
  - skannauksen nopeus- ja tarkkuusvaihtelu, poikkeamat suorissa linjoissa,  $X \%$  vaihtelu vertailuarvosta
- system linearity test
  - eri paksuisten metallilevyjen tummuuserot/kontrastin vaihtelu,  $\pm 20 \text{ QL}$
- accuracy of measurement test
  - mittavastaavuustesti, geometrinen vääristymä molemmissa skannaus-suunnissa (subscan/main scan),  $\pm X \%$  (mm)
- burger phantom test, visuaalinen tarkastelu
  - matalan kontrastin tunnistus, vaihtelua perusarvoon verrattuna ei sallita
- spatial resolution, visuaalinen tarkastelu
  - lankaverkkotesti, vaihtelua perusarvoon verrattuna ei sallita
- artifact, visuaalinen tarkastelu
  - etsitään kuvaan kuulumattomat objektit
- erasoinnin toimivuus
  - luetetaan kuvattu levy lukijassa ennen ja jälkeen erasoinnin, 0 QL
- dark noise test
  - ei yleensä tehdä, vain jos erasoinnin testi ei mene läpi, 0 QL



## **Yhteenveto**

Laitteen käyttöönoton yhteydessä on haettava oikeat vertailuarvot ja menettelyt laadunvalvonnan mahdollistamiseksi. Tämän jälkeen laadunvalvonnan voi aloittaa lyhennetyllä aikavälillä normaalien vaihtelurajojen esille saamiseksi, ensin päivittäin tai viikoittain ja sitten harventaen suunnitellulle aikavälille. Saatua hyötyä tulisi arvioida ja tehdä tarvittavat muutokset.

Ongelmatapauksessa laitevalmistajien ohjeissa pyydetään toistamaan ko-testi ja tarkistamaan, että kaikki on suoritettu oikein. Mikäli ongelma jatkuu, on yleisenä ohjeena ottaa yhteys laitehuoltoon tai myyjään.

Yleensä häiriöt laitteistossa tulevat esiin muuten kuin laadunvalvontatestien yhteydessä, satunnaisesti ja odottamatta. Ylipitkät huoltovälit aiheuttavat toimimattomuutta, äkillisiä ja turhia seisokkeja laitteistoille. Korjaustoimet on tietenkin aloitettava aina välittömästi. Vertailuarvoja hyväksi käyttäen todetaan laitteen toimintakunto.

Laadunvalvontatoimenpiteet eivät kata levykuvantamislaitteen kohteenmukaisten ohjelmien säätämisestä johtuvia ongelmia. Näissä asioissa tulisi säännöllisesti (6 kk:n välein) ja tarvittaessa konsultoida radiologia. Kohteenmukaisten luentaparametrien säätämiseen tulisi olla nimetty vastuuhenkilö joka tietää mitä tekee ja mitä on tehnyt. Uusintakuvauksia, kuvanlaatua ja kohteenmukaisen ohjelman valintaa on valvottava jokaisesta otetusta kuvasta.

## **ST-OHJE RÖNTGENDIAGNOSTIIKAN LAADUNVARMISTUKSESTA**

### **Ohje ST 3.3, Röntgentutkimukset terveydenhuollossa**

**Hannu Järvinen**  
**Säteilyturvakeskus**

#### **Ohjeen ST 3.3 tarkoitus ja työvaihe**

STUKissa valmisteltavana oleva uusi ohje ST 3.3 tulee korvaamaan seuraavat nykyiset ST-ohjeet:

ST 3.3 (1991) Lääketieteelliset röntgentutkimuslaitteet ja niiden käyttö

ST 3.4 (1991) Kuvavahvistin-televisio-ketjun laadunvalvonta

ST 3.5 (1991) Lääketieteelliset röntgentutkimuslaitteet ja röntgenfilmien kehityksen laadunvalvonta.

Uudessa ohjeessa ST 3.3 kuvataan terveydenhuollon röntgentutkimusten säteilysuojelua ja laadunvarmistusta koskevat vaatimukset, mutta se ei sisällä ohjeissa ST 3.3–3.5 olleita yksityiskohtaisia kuvauksia laadunvarmistusmenetelmistä. Laadunvarmistusta koskeva tekninen opas julkaistaan myöhemmin STUK tiedottaa -sarjan julkaisuna.

Uusi ohje ST 3.3 on ollut STUKin ulkopuolisella lausuntokierroksella, joka päättyi helmikuun lopussa 2005. Ohje on nyt viimeisteltävänä ja julkaistaan vuonna 2005. Seuraavassa esitetään yhteenveto ohjeen sisällöstä ja ulkoisten lausuntojen perusteella vielä harkittavana olevista kohdista. *On korostettava, että esitettyihin asioihin voi viimeistelyvaiheessa vielä tulla muutoksia.*

#### **Ohjeen sisältö**

Ohjeessa on seuraavat 7 päälukua ja kaksi liitettä:

1. Johdanto
2. Röntgentutkimusten suorittaminen
3. Laadunhallinta
4. Tutkimustietojen kirjaaminen ja raportointi
5. Tieteelliset tutkimukset
6. Poikkeavat tapahtumat säteilyn käytössä
7. Henkilökunnan koulutus ja henkilökunnalle tiedottaminen

Liite A Terveydenhuollon röntgentutkimuslaitteen käytönaikaiset hyväksyttävyyssvaatimukset

Liite B Terveydenhuollon röntgentutkimuslaitteen teknisen laadunvalvontaohjelman vähimmäissisältö

Ohje koskee potilaille tehtäviä röntgentutkimuksia ja läpivalaisuohjauksessa tehtäviä toimenpiteitä (jäljempänä röntgentutkimus) ja niissä käytettäviä röntgentutkimuslaitteita (jäljempänä röntgenlaite). Ohjetta sovelletaan myös tieteelliseen tutkimukseen osallistuville terveille henkilöille tehtäviin röntgentutkimuksiin. Ohje koskee soveltuvin osin myös luuntiheyden mittauslaitteita ja niiden käyttöä.

Ohje ei koske hammasröntgen- ja mammografialaitteita, joiden käyttöä koskevat vaatimukset esitetään ohjeissa ST 3.1, ST 3.2 ja ST 3.7. Röntgenlaitteiden käyttötiloja koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa ST 3.6.

## **Röntgentutkimusten suorittaminen**

Röntgentutkimusten suorittamiseen liittyen esitetään vaatimukset seuraavista asioista:

- oikeutus ja optimointi
- turvallisuuslupa
- henkilökunnan säteilyturvallisuus
- potilaan auttaja ja annosrajoitukset
- potilaan säteilyturvallisuus
- ohjeet.

Henkilökunnan säteilyturvallisuuteen liittyen esitetään mm. seuraavat vaatimukset:

- tutkimushuoneessa saa olla vain tarvittavat henkilöt; käytettävä säteily-suojia (kiinteät, siirrettävät tai henkilökohtaiset säteilysuojat)
- mikään kehon osa ei saa olla primaarikeilassa
- säteilyaltistuksen seuranta ja terveystarkkailu on järjestettävä.

Potilaan auttajaan ja annosrajoituksiin liittyvät seuraavat vaatimukset:

- auttajan on oltava 18 vuotta täyttänyt; ei saa olla raskaana oleva nainen
- ensisijaisesti vapaaehtoinen eikä tutkimusyksikön omaa henkilökuntaa
- jos henkilökuntaa, oltava henkilökohtaiseen annostarkkailuun kuuluva säteilytöntekijä ja tehtävää kierrätettävä useille henkilöille
- auttajaa on opastettava ja suojattava, riskeistä kerrottava

- auttajan säteilyaltistus on minimoitava, efektiivinen annos/tutkimus  $\leq 1$  mSv ja kehon osien ekvivalenttiannos/tutkimus  $\leq 10$  mSv, ellei harkittua tarvetta.

Potilaan auttajaa koskevat vaatimukset vastaavat periaatteiltaan ICRP:n viimeisimpiä suosituksia.

Potilaan säteilyturvallisuuteen liittyvät mm. seuraavat vaatimukset:

- säteilykeila on rajattava huolellisesti
- säteilysuojainten käyttö on hyödyllistä, kun suojaimen avulla voidaan vähentää tutkittavan alueen ulkopuolelle suojattavaan elimeen tulevaa sironnutta säteilyä (esim. kives- ja kilpirauhassuojat)
- potilasta on tarkkailtava tutkimuksen aikana
- tutkimusten aikana on suoritettava laaduntarkkailua; kuvien laatua on arvioitava myös potilaista otetuista kuvista
- lapsipotilaille käytettävä potilaan koon huomioon ottavia kuvausarvoja.

Tutkimusohjeissa edellytetään kuvattavan seuraavat asiat:

- käytettävät röntgenlaitteet ja apuvälineet
- kuvausetäisyys ja kuvausprojektiot
- kuvaus- ja läpivalaisuarvot
- potilaan säteilysuojaus
- tutkimuksen suorittajan ja avustavan henkilön säteilysuojaus
- tutkimuksesta potilaskohtaisesti kirjattavat tiedot
- muut olennaiset röntgenlaitteen käytössä huomioon otettavat seikat (mm. käytetty suodatus ja hilan käyttö).

## **Laadunhallinta**

Laadunhallinta esitetään ohjeessa kokonaisuutena, johon kuuluvat

- laatujärjestelmä
- laadunvarmistusohjelma
- tekninen laadunvarmistus
- vertailutasot ja potilasannosten määrittäminen
- kuvan laadun arviointi
- itsearviointi ja kliininen auditointi.

## **Tekninen laadunvarmistus**

Teknistä laadunvarmistusta käsitellään ohjeessa laajasti. Siihen sisältyvät:

- yleiset laitteen käytönaikaiset vaatimukset

- annosnäyttö
- vastaanottotarkastus
- käytön aikaiset hyväksyttävyyssvaatimukset
- tekninen laadunvalvonta.

Yleisiä laitteen käytönaikaisia vaatimuksia ovat:

- CE-merkintä
- yleinen soveltuvuus, erityisesti lasten kuvaus
- STM:n asetuksen 30 §:n soveltaminen (läpivalaisuasiat)
- vaatimus viimeisimmän läpivalaisukuvan näytöstä.

Laitteen annosnäytöksi vaaditaan joko DAP-näyttö tai muu vastaava näyttö:

- tavanomaisissa kuvauslaitteissa tällaiseksi hyväksytään myös sähkömäärä ( $Q$ ; mAs)
- varsinainen annosnäyttö edellytetään, kun on kyseessä lasten kuvaukset tai läpivalaisu (muut kuin raajat).

Vastaanottotarkastuksia koskevat vaatimukset on muokattu ohjeeseen yhdenmukaisesti Lääkelaitoksen julkaisun (2/2001) kanssa. Vastaanottotarkastuksen suorittaja on tämän mukaan:

- käyttöorganisaation edustaja, laitetoimittaja tai kolmas osapuoli
- jos muu kuin käyttöorganisaation edustaja, toiminnanharjoittajan on huolehdittava vastaanottotarkastuksen valvonnasta ja määrättävä vastuuhenkilö.

Käytön aikaisten hyväksyttävyyssvaatimusten todetaan olevan suorituskyvyn vähimmäisvaatimuksia, ehdottomia korjaustoimenpiteitä edellyttäviä toimenpiderajoja:

- laadunvalvontatesteissä on normaalisti tiukemmat toimenpiderajat
- mittausmenetelmät ja olosuhteet on oltava IEC-standardien mukaiset.

Hyväksyttävyyssvaatimukset esitetään yksityiskohtaisesti liitteessä A.

Tekninen laadunvalvonnan osalta oleellisia vaatimuksia ovat:

- laitteiden toimintakunnon ja suoritusominaisuuksien valvonta: ennen laitteen käyttöönottoa, säännöllisesti, korjausten ja huoltojen jälkeen ja epäiltäessä muutoksia
- ohjeiden ja vastuiden määrittely laitekohtaisesti
- kirjanpito tuloksista ja toimenpiteistä; myös laiteviat ja toimintahäiriöt on kirjattava.

Laitekohtaisesti edellytetään dokumentoitavaksi:

- tarkastukset ja mittaukset ja niiden tarkoitus, suorittajat (ammattiryhmä); vähimmäistoimenpiteet annetaan liitteessä B
- tarkastus- ja mittausten menetelmät (sitien, että pystytään toistamaan dokumentoidun ohjelman mukaisesti)
- käytettävät laitteet ja välineet
- suoritustavallat
- toimenpiderajat (eivät saa olla hyväksyttävyyssvaatimuksia väljemät)
- tehtyt toimenpiteet rajojen ylittyessä.

### **Vertailutasot ja potilasannosten määrittäminen**

Ohjeessa täsmennetään vertailutasojen käyttöönottoon (STM:n asetus 16 §) ja potilasannosten määrittämiseen (STM:n asetus 17 §) liittyviä vaatimuksia yhdenmukaisesti sen kanssa, mitä asiasta on kirjoitettu STUKin vertailutasopäätöksessä ja STUK tiedottaa 1/2004 -julkaisussa. Ohjeen mukaan myös muita kun STUKin antamia vertailutasoja voidaan käyttää, mutta ne eivät voi lukuarvoltaan olla näitä suurempia. Potilasannosten määrittämiseen vähintään kerran kolmessa vuodessa annetaan perusohjeet (yleisimmät tutkimustyytit, vähintään 10 potilasta tai fantomi) ja edellytetään varmistus vähintään kerran vuodessa (esim. vertailu aikaisempiin kuvausarvoihin tai käyttäen teknisen laadunvalvonnan tuloksia).

### **Kuvan laadun arviointi**

Röntgentutkimuksen optimoinnissa pyritään saavuttamaan tutkimukselle asetettu tavoite siten, että tutkittavalle aiheutuva säteilyaltistus on mahdollisimman pieni. Säteilyaltistuksen seurannan rinnalla optimointiin kuuluu siten aina myös kuvan laadun arviointi. Kuvan laadun arvioinnin tavoitteena on varmistaa, että kuva tuottaa riittävän diagnostisen tiedon.

Kuvan laadun arviointi on ohjeluonnoksessa huomioitu toistaiseksi puutteellisesti, ja lausuntokierroksella tähän tuli merkittävää palautetta. *Ohjeeseen harkitaan lisäystä, jossa edellytetään säännöllistä kuvan laadun arviointia esimerkiksi EU:n julkaisemien laatukriteerien avulla.*

### **Tutkimustietojen kirjaaminen ja raportointi**

Tutkimustietojen kirjaamisesta ja raportoinnista esitetään seuraavat vaatimukset:

- Tutkimuksesta on tehtävä merkintä potilasasiakirjoihin radiologista tutkimus- ja toimenpideluokitusta käyttäen; myös poikkeamat tutkimusohjeista on kirjattava.

- Läpivalaisusta aiheutuva säteilyaltistus (esim. DAP-arvo) on kirjattava jos laitteessa on annosnäyttö; jos annosnäyttöä ei ole, on kirjattava läpivalaisu-aika ja kuvien lukumäärä.
- Yhteenvedot tutkimusmääristä ja annoksista on toimitettava STUKille erikseen annettavien ohjeiden mukaan.

## **Tieteelliset tutkimukset**

Ohjeessa täsmennetään tieteellisiä tutkimuksia koskevia vaatimuksia (STM:n asetus 6 §) ja viitataan myös lääketieteellisestä tutkimuksesta annettuun lakiin (488/1999). Tieteelliseen tutkimukseen henkilöitä valittaessa edellytetään kiinnitettävän huomiota seuraaviin kohtiin:

- yleensä ei alle 18 vuotiaita
- mahdollisimman pieni määrä
- aikaisempi säteilyaltistus selvitettävä
- terveille vapaaehtoisille annosrajoitus, normaalisti ei yli 10 mSv/v
- ei raskaana olevia naisia
- varmistuttava, että tutkimukseen osallistujat ymmärtävät lisäriskin.

## **Poikkeavat tapahtumat säteilyn käytössä**

Poikkeavista tapahtumista ohjeessa annetaan vastaavat vaatimukset kun aikaisemmin on esitetty sädehoitoa ja isotooppilääketiedettä koskevissa ST-ohjeissa (ohjeet ST 2.1 ja ST 6.3). Poikkeavissa tapahtumissa on arvioitava potilaalle tai muulle henkilölle aiheutunut säteilyannos, selvitettävä syyt, kirjattava tapahtuma ja pyrittävä estämään vastaavat tapahtumat. Poikkeavasta tapahtumasta edellytetään viipymättä ilmoitettavan STUKille kirjallisesti, jolloin ilmoituksesta tulee ilmetä:

- toiminnanharjoittaja ja vastaava johtaja
- ilmoittajan nimi ja yhteystiedot
- tapahtuma-aika ja paikka
- tapahtuman kuvaus
- tiedot vaaratilanteeseen joutuneista henkilöistä ja heille aiheutuneesta tai mahdollisesti aiheutuneesta säteilyaltistuksesta
- välittömät toimenpiteet
- ensiarviot syistä.

Terveystieteiden laitteen ja tarvikkeiden asennus (1505/1994) on myös säädetty vaaratilanteiden ilmoittamisesta Lääkelaitokselle.

## Henkilökunnan kouluttaminen ja henkilökunnalle tiedottaminen

Ohjeen viimeisessä luvussa käsitellään lyhyesti henkilökunnan koulutusvaatimuksia ja henkilökunnalle tiedottamista:

- viittaus koulutusvaatimukseen (Säteilylaki 36 §, STM:n asetus luku 5, ST 1.7)
- laitteiden käyttökoulutus järjestettävä
- oltava ohjeet vika- ja vaaratilanteita varten
- STUKin tarkastuspöytäkirjat saatettava henkilökunnan tietoon.

## Liitteet A ja B

Lausunnoissa on kritisoitu liitteissä A ja B esitettyjä vaatimuksia siitä, että ne painottuvat liiaksi perinteiseen filmikuvaukseen eivätkä ota riittävästi huomioon digitaalisen kuvantamisen erityispiirteitä. *Joitakin ohjeen liitteessä A esitettyjä hyväksyttävyyysvaatimuksia joudutaan tämän vuoksi uudelleen harkitsemaan. Myös liitteessä B esitettyjä laadunvalvontaohjelman sisältöä joudutaan vielä muokkaamaan.*



## **SÄTEILYSUOJELUN TÄYDENNYSKOULUTUS TERVEYDENHUOLLOSSA**

# **Miten säteilysuojelun täydennyskoulutus voidaan toteuttaa terveydenhuollon yksikössä**

**Jarmo Toivanen**  
**Keski-Suomen keskussairaala**

Terveydenhuollon ammattihenkilöiden koulutus- ja pätevyysvaatimuksista säteilyn käyttöön liittyvissä tehtävissä säädetään säteilyn lääketieteellisestä käytöstä annetun STM:n asetuksen (423/2000) luvussa 5.

STUK asettaa sisältövaatimukset säteilylle altistaviin tutkimuksiin ja hoitoihin (toimenpiteisiin) lähetteitä antavan lääkärin ja toimenpiteistä vastaavan lääkärin säteilysuojelukoulutukselle, ellei lääkärin perusopintoihin ole sisältynyt tietojen osoittaminen (STM:n asetus 23 ja 24 §). Lisäksi STUKin tehtävänä on vahvistaa säteilyn lääketieteelliseen käyttöön osallistuvien henkilöiden ammatillisen täydennyskoulutuksen sisältöä koskevat vaatimukset säteilysuojelun osalta (STM:n asetus 27 §).

Toiminnan harjoittajan on huolehdittava siitä, että hänen palvelukseensa oleva henkilöstö saa täydennyskoulutusta, jonka avulla säteilysuojeluun liittyvät tiedot ja taidot pidetään ajan tasalla.

Toiminnan harjoittajan tulee pitää kirjaa säteilyn käyttöön osallistuvan henkilöstönsä täydennyskoulutusta koskevista tiedoista (koulutuksen sisältö ja määrä) siten, että täydennyskoulutus voidaan todentaa työntekijäkohtaisesti vähintään viiden vuoden ajalta. Suositeltava käytäntö on laatia täydennyskoulutusohjelma, jonka toteutumista myös seurataan.

Säteilyn käyttöön osallistuvan henkilöstön täydennyskoulutuksen tulee viiden vuoden jaksoissa sisältää ainakin ohjeen ST 1.7 liitteen B taulukossa esitetty säteilysuojelukoulutuksen vähimmäismäärä. Koulutus voi olla ohjattua opetusta (ryhmätyötä, demonstraatioita, ohjattua käytännön harjoitusta) tai osallistumista koulutustilaisuuksiin. Täydennyskoulutuksesta osa voi olla myös itsenäistä opiskelua, joka on suoritettu edellä mainitun täydennyskoulutusohjelman mukaisesti ja jonka suorittamisesta työntekijä on ilmoittanut toiminnan harjoittajalle kirjallisesti.

Täydennyskoulutuksessa tulee painottaa kussakin tehtävässä tarpeellisia säteilyturvallisuuteen liittyviä erityispiirteitä ja koulutuksen tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

- perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvien olennaisten säteilysuojeluasioiden kertaus
- kyseisellä säteilyn käyttöalalla tapahtuneet muutokset
- uusien tutkimus- ja hoitokäytäntöjen ja radiologisten laitteiden kehityksen edellyttämät säteilysuojelunäkökohdat
- säteilylainsäädännön ja suositusten muutokset
- säteilylle altistavista tutkimuksista ja toimenpiteistä aiheutuvan säteilyaltistuksen ja säteilysuojelutietojen päivitys
- uusien tietämys säteilyn vaikutuksista.

Keski-Suomen keskussairaalassa on useiden vuosien aikana järjestetty säteilyn käytön koulutusta, joka on suunnattu erityisesti leikkaussalihenkilöstölle (C-kaarikäyttäjät: kirurgit, sairaanhoitajat, lääkintävahtimestarit ja radiologian erikoistuvat lääkärit). Koulutus muotoutui kaksipäiväiseksi koulutusjaksoksi, johon sisällytettiin myös käytännön harjoittelua C-kaari-kuvantamisessa. Näiden kurssien järjestämisessä usein ongelmaksi muodostui kaksipäiväisyys työvuorojen järjestelyiden vuoksi.

STM:n asetuksen 27 §:n ja ohjeen ST 1.7 mukainen menetelmä koulutuksen sisällön ja määrän kirjauksesta oli oltava valmiina 31.12.2004 mennessä ja edelleen viranomaisen suosittelee koulutusohjelman laatimista ja seuraamista. Näiden koulutusvaatimusten tulee olla täytettynä 31.12.2009 mennessä. Täydennyskoulutushan voi olla ohjattua opetusta, itsenäistä työskentelyä tai osallistumista koulutustilaisuuksiin.

Osana täydennyskoulutuksen toteuttamista päätettiin Keski-Suomen keskussairaalassa järjestää koulutusta, joka koostuu seuraavista koulutusmoduleista:

#### Moduli I (n. 4 h)

- säteilystä yleensä
- säteilyfysiikan perusteet

#### Moduli II (n. 4 h (3 + 1))

- säteilybiologian perusteet
- hyvä röntgenlähetekäytäntö
- röntgentutkimuskäytännöt
- isotooppitutkimuskäytännöt

#### Moduli III (n. 2 h)

- säteilylainsäädäntö
- käytännön säteilysuojelu

**Moduli IV (n. 4–5h)**

- röntgentutkimukset ja -tekniikat
- röntgeniin liittyvä säteiluturvallisuus

**Moduli V (n. 4 h)**

- isotooppilääketiede
- sädehoito

Säteilysuojelukoulutukset kirjataan koulutusrekisteriin, johon on tehty kohta säteilysuojelukoulutuksen seurantaan varten. Rekisteri on henkilökohtainen ja kirjaus voidaan tehdä tuntitasolla. Koulutuksesta annetaan todistus. Koulutuksen käytännön järjestelyistä (kokoukset, monisteet, ilmoitukset, todistukset jne.) vastaa sairaalan koulutusyksikkö. Koulutuksen sisällöstä on vastannut allekirjoittanut.

Luennoitsijoina ovat toimineet sairaalan sairaalafyysikot, radiologit, kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen erikoislääkäri ja erittäin ansioituneesti eläkkeellä oleva sairaalan entinen ylifyysikko.

Kursseja on mainostettu koko sairaanhoitopiirin alueella. Alueen terveyskeskuksista onkin ollut runsas osanotto koulutuksiin.

Moduulit I, II ja III soveltuvat täydennyskoulutukseksi lähes koko säteilynkäytön henkilökunnalle. Moduuli IV on tarkoitettu C-kaari työskentelijöille ja kertaukseksi radiologian henkilökunnalle, moduuli V sädehoidon ja isotooppilaboratorion henkilökunnalle.

Ne säteilyä käyttävät henkilöt, joiden koulutuksesta puuttuu säteilysuojelun peruskoulutus (sairaanhoitajat, lääkintävahtimestarit) ja jotka joutuvat työssään käyttämään C-kaarta voivat kuunnella moduulit I–IV ja suorittaa päätteeksi kirjallisen kokeen, jonka läpäistyään he saavat vastaavalta johtajalta kirjallisen todistuksen, joka oikeuttaa C-kaarityöskentelyyn leikkausosastolla.

Ohjeessa ST 1.7 todetaan, että jos säteilyn käytöstä vastaava toiminnan harjoittaja järjestää itse täydennyskoulutusta tai käyttää koulutuksen antajina yksittäisiä asiantuntijoita, on toiminnan harjoittajan varmistuttava siitä, että asiantuntijat ovat päteviä antamaan STM:n asetuksen tarkoittamaa täydennyskoulutusta. Kun säteilysuojelukoulutuksen sisältö ja laajuus toteutetaan tässä ohjeessa esitetyllä tavalla, ei erillistä STUKin hyväksyntää tarvita.

# **Lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus – Miksi vaaditaan, miten toteutetaan**

**Osmo Tervonen**  
**Oulun yliopistollinen sairaala**

## **Taustaa**

STM:n asetus 423/2000 on edellyttänyt radiologisten yksiköiden toiminnalta tiettyjä uusia asioita. Yksi määritelty asia on lääketieteellisen fysiikan asiantuntemuksen käyttö (asetuksen 15 §). Asetuksessa todetaan, että sädehoidon annosuunnittelussa, laadunvarmistuksessa ja säteilysuojeluun liittyvissä toiminnoissa on oltava mukana lääketieteellisen fysiikan asiantuntija. Röntgentoiminnassa on käytettävä lääketieteellisen fysiikan asiantuntemusta säteilysuojelun, optimoinnin, laadunvarmistuksen ja säteilyannosten mittaamisen suunnittelussa ja seurannassa.

## **Miksi vaaditaan**

Asetus ei ole syntynyt tyhjästä. Asetusta laadittaessa on ollut vahva näkemys siitä, että lääketieteellisen fysiikan asiantuntemuksella voidaan merkitsevästi taata säteilyturvallisempaa toimintaa. Asetus sisältää sen ajatuksen, että radiologian erikoislääkäreiden ja röntgenhoitajien ammattitaidon lisäksi on tarvetta kolmannen tyyppiselle asiantuntemukselle, lääketieteelliselle fysiikalle.

## **Lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus -tehtävät**

Parhaillaan ollaan Suomessa valmistelemassa ohjeistoa siitä, mitä lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus kuvantamisessa voisi olla. Käytännön ohjeen työstämisessä on ollut mukana radiologeja ja fyysikoita. Jäljempänä olevassa liitteessä on ajatuksia siitä, mitä asetuksen tarkoittamat osiot voisivat käytännössä tarkoittaa.

## **Miten toteutetaan**

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntemuksen soveltaminen edellyttää uutta toimintakulttuuria. Merkittävin ongelma on, että kuvantamisen alan toimijoilla ei ole käytännön tuntemusta siitä, mitä lääketieteellisen fysiikan asian-

tuntemus on, ja mitä se voisi tarjota kuvantamistoimintaan. Siten toteutuksessa tulee huomioida monta toimintatasoa:

### **Tiedottaminen – koulutus**

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntijoiden tulee tehdä tiettäväksi, mitä lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus on. Tämä tarkoittaa sitä, että röntgenhoitajilla ja röntgenlääkäreillä on käsitys siitä, minkälaista asiantuntemusta lääketieteellisen fysiikan asiantuntijoilla on, ja miten sitä voidaan hyödyntää. Tätä voidaan toteuttaa koulutustilaisuuksissa, mutta erityisesti jalkauttamalla toimintaa työyksiköihin. Lääketieteellisen fysiikan asiantuntija tulee saada työryhmän jäseneksi, jossa vuorovaikutteisesti kehitetään asioita.

### **Yleiset suositukset/toimintaohjeet**

Toiminnan alkuvaiheessa tarvitaan yleensä suuntaviivoja. Lääketieteellisen fysiikan asiantuntemuksen suhteen on hyvä saada joko suosituksia tai hyviä käytännön malleja siitä, miten lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus käytännössä toteutetaan. Tällaisia suosituksia voivat laatia mm. erikoisalayhdistykset, joihin käytännön toimijat voivat tukeutua.

### **Muut menetelmät**

Kliininen auditointi on menettely, jolla parannetaan toiminnan laatua. Sen kautta voidaan välittää myös malleja hyvistä käytännöistä, miten lääketieteellisen fysiikan asiantuntemusta hyödynnetään.

### **Oma kokemus**

OYS:n radiologian klinikassa suoritettiin kliininen auditointi helmikuussa 2004. Yksi havainto oli, että lääketieteellisen fysiikan asiantuntemusta ei hyödynnetä riittävästi radiologian klinikan röntgentoiminnassa. Edellä mainitulta pohjalta klinikassa laadittiin strategia, jossa tavoitteena oli, että tietyn aikajakson jälkeen voidaan todeta, että ”Radiologian klinikassa lääketieteellisen fysiikan asiantuntemusta sovelletaan täysimääräisesti mm. säteilyasetuksen mukaisesti.”

Toiminnan kannalta haasteeksi todettiin, että asiassa ei ole aikaisempaa perinnettä klinikassa. Sairaala fyysikoiden virkoja on perustettu lähinnä magneettikuvauslaitteiden hankintojen yhteydessä ja siellä vaativan teknologian soveltamiseen. Lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus on yleisesti painottunut sädehoitoon, eikä niinkään kuvantamiseen. Käytännön tavoitteeksi todettiin seuraavia asioita:

- Sairaala fyysikoilla on kattavat tiedot kaikista klinikan röntgenlaitteista ja niiden käytöstä.

- Sairaala fyysikko tietää, minkälaisia kuvauksia tehdään ja minkälaiset kuvausprotokollat ovat käytössä.
- Sairaala fyysikolla on hankittuna ja ylläpidettynä tieto, mikä on paras tai parhaat käytännöt tehdä kuvauksia eri laitteilla. Edellä mainittuun liittyen sairaala fyysikolla on valmius varmistaa, että kaikki röntgenlaitteet ovat tässä mielessä optimaalisessa käytössä.
- Sairaala fyysikko tietää, millaisia säteilysuojia on olemassa ja kuinka säteilysuojia käytetään. Erilaisten suojien käyttö optimoidaan eri käyttäjille ja eri laitteille järkeväksi sekä tarkoituksenmukaisesti säteilysuojelun kannalta.
- Sairaala fyysikko tietää, kuinka röntgenlaitteiden laadunvalvonta on toteutettu ja kuinka se tulee toteuttaa. Hän suunnittelee laadunvalvontamittauksen aikataulun ja hän on mukana laadunvalvonnan seurannassa, sen suunnittelussa ja kehittämisessä.
- Laitteen käyttäjät ja kaikki osapuolet tietävät lääketieteellisen fysiikan asiantuntijan roolin: milloin, kuinka ja missä tilanteissa on syytä hyödyntää fysiikan asiantuntemusta.

Käytännön toiminnassa on todettu hyvin laaja toiminta-alue, jossa lääketieteellisen fysiikan asiantuntemuksella saadaan lisäarvoa. Nämä eivät rajoitu pelkästään säteilyn lääketieteelliseen käyttöön, vaan kattavat koko radiologian. Käytännön työssä on todettu mm. seuraavia tehtäviä:

- uuden läpivalaisulaitteen optimaalinen käyttö mm. säteilysuojausten osalta
- tietokonetomografialaitteiden kuvausparametrien optimointi siten, että minimoidaan säteilyannos
- edellä mainittujen käytännön toimenpiteiden lisäksi on todettu uusia tehtäviä, kuten kuvankatselumonitoreiden yhtenäinen laadunvalvonta, ultraäänilaitteiden systemaattinen laadunvalvonta jne.

## **Yhteenveto**

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntemuksen kirjaus asetukseen on näkynyt alkuvaiheessa teoreettisena asiana. Käytännön kokemus lääketieteellisen fysiikan asiantuntemuksen soveltamisesta on osoittanut, että sitä kautta saadaan merkittävää laadullista parannusta kuvantamistoimintaan. Merkittävin haaste on uuden toimintamenetelmän tai toimintakulttuurin luominen, jossa eri toimijat tuntevat toistensa osaamisalueen ja siten erilainen ammatillinen osaaminen on toimintaprosesseissa saanut käytännössä toimivat muodot.

## Liite

### Lääketieteellisen fysiikan asiantuntijatehtävät röntgentoiminnassa

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntijan on tunnettava asiantuntijasopimukseen kuuluvan röntgenyksikön toimipaikka, röntgenlaitekanta, yksikön röntgentoiminnan työ- ja toimintatavat sekä yhteyshenkilö (yhteyshenkilöt), jonka (joiden) kautta hän välittää asiantuntijatietoaan ja mahdollisia uusia toimintaohjeita. Lääketieteellisen fysiikan asiantuntijaan tulee aina olla mahdollisuus ottaa yhteyttä puhelimitse tai sähköpostitse. Toiminnanharjoittaja ja lääketieteellisen fysiikan asiantuntija sopivat keskenään siitä, kuinka paljon asiantuntija fyysisesti on paikalla (esim. kuuluuko sopimukseen tietty määrä käyntejä). Toiminnanharjoittajan pyynnöstä asiantuntijan on saavuttava paikalle.

STM:n asetukseen (423/2000) perustuen röntgentoiminnassa toimivan lääketieteellisen fysiikan asiantuntijan tehtävät on jaettu neljään pääalueeseen.

#### 1. Laadunvarmistuksen suunnittelu ja seuranta

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntija:

- laatii ja suunnittelee yhteistyössä toiminnanharjoittajan kanssa yksikön röntgentoiminnan kattavan laadunvarmistusohjelman
- huolehtii, että laadunvarmistusohjelma täyttää ST-ohjeiden vaatimukset sekä sisältää kyseisen röntgenyksikön toiminnan kannalta oleelliset mittaukset
- tuntee mahdolliset röntgenlaitteiden huoltosopimukset ja niiden sisällön
- opastaa laadunvarmistusmittausten tekemisessä
- antaa neuvoja ja ohjeita siitä, miten laadunvarmistusmittausten tuloksia on seurattava, sekä siitä, että millaisiin toimenpiteisiin (esim. huolto, säätö, korjaus) on ryhdyttävä mittaustulosten hyväksytyjen rajojen ylittyessä.

#### 2. Potilaan säteilyaltistuksen mittaamisen suunnittelu ja seuranta

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntija:

- suunnittelee kullekin laitteelle ja tutkimukselle tarkoituksenmukaisimman potilaan säteilyaltistuksen määrittystavan yhteistyössä toiminnanharjoittajan kanssa
- antaa ohjeita potilaan säteilyaltistuksen kirjauksesta
- antaa ohjeita siitä, kuinka määritettyjä potilasaltistuksia tulee arvioida, ts. verrata julkaistuihin vertailutasoihin
- antaa ohjeita siitä, kuinka tulee menetellä, mikäli potilaan säteilyaltistus systemaattisesti ylittää vertailutason.

### 3. Toiminnan optimoinnin suunnittelu ja seuranta

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntija:

- antaa ohjeita röntgentoiminnan kuvausprotokollien ja toimintatapojen optimoinnin suorittamiseen. Käytännössä tämä voi edellyttää lääketieteellisen fysiikan asiantuntijan hyvinkin tiivistä mukanaoloa. Tämä osa-alue on neljästä kokonaisuudesta ehdottomasti vaativin ja työläin, koska se edellyttää pitkäjänteistä työskentelyä ja sujuvaa yhteistyötä erityisesti radiologien ja röntgenhoitajien kanssa. Huomioitava on optimoinnin erityinen merkitys ja tarve nykyisin hyvin nopeasti yleistyvässä digitaalisessa röntgenkuvantamisessa
- antaa ohjeita siitä, miten optimoinnin toteutumista seurataan (esim. kirjattavien tutkimuskohtaisten säteilyannosten seuraaminen)
- antaa asiantuntijakonsultaatiota ja on tarvittaessa henkilökohtaisesti mukana röntgenlaitehankinnoissa, yksikön toimintaan, tarpeeseen ja resursseihin mahdollisimman hyvin soveltuvan laitehankinnan toteuttamiseksi.

### 4. Säteilysuojelun suunnittelu ja seuranta

Lääketieteellisen fysiikan asiantuntija:

- antaa toimintaohjeita säteilyturvalliseen työskentelyyn yhteistyössä säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan johtajan kanssa. Erityisesti tällä tarkoitetaan seuraavien säteilysuojelun osa-alueita:
  - säteilysuojien oikea ja asianmukainen käyttö
  - säteilysuojelu lasten röntgentutkimuksissa
  - säteilysuojelu läpivalaisu- ja angiografiatutkimuksissa ja -toimenpiteissä
  - säteilysuojelu tietokonetomografiatutkimuksissa.



# ICRP:n perussuositukset ja uusi luonnos 2005

**Tuomo Komppa**  
**Säteilyturvakeskus**

Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta ICRP (International Commission on Radiological Protection) on vuonna 1928 perustettu neuvoa antava kansainvälinen järjestö, joka antaa säteilysuojelua koskevia yleisiä ohjeita ja suosituksia. Suositukset eivät ole velvoittavia säädöksiä, mutta niitä käytetään yleisesti kansallisten ja kansainvälisten säteilysuojelusäädösten perusteena. ICRP:n toimialana on ionisoiva säteily. Vastaavalla tavalla ionisoimattomaan säteilyyn keskittynyt järjestö on ICNIRP.

Muutamat ICRP:n julkaisut ovat perussuosituksia, ja muissa esitetään lisäyksiä, laajennuksia tai muuta täydentävää aineistoa. Aikaisempia perussuosituksia ovat olleet julkaisut 1 (1959), 6 (1964), 9 (1966) ja 26 (1977). Nykyisin ovat voimassa vuoden 1990 perussuositukset (Julkaisu ICRP 60, 1991). Sen jälkeen on ilmestynyt jo yli 30 täydentävää julkaisua, joista röntgendiagnostiikkaan liittyvät erityisesti julkaisut 73 (1996), 84 (2000), 85 (2000), 90 (2003) ja 93 (2004). Vuoden 2005 uusien perussuositusten valmistelussa ICRP uudisti toimintatapaansa julkistamalla luonnoksen kommentoitavaksi kesällä 2004. Luonnos herätti laajaa mielenkiintoa, ja STUKissaakin sitä kommentoitiin aktiivisesti. Koska luonnos on monella tavalla puutteellinen ja kommentteja on tullut runsaasti, uudet suositukset tuskin valmistuvat julkaistavaksi vuoden 2005 aikana.

## Vuoden 1990 suositukset: ICRP 60

Voimassa olevissa vuoden 1990 suosituksissa käsitellään seuraavia pääkohtia.

### 1. Johdanto

Järjestön ja suositusten historia ja tarkoitus. Säteilysuojelun tavoitteena pidetään sopivaa ja tarkoituksenmukaista ihmisten suojelua sellaisella tasolla, ettei kohtuuttomasti rajoiteta säteilylle altistavaa hyödyllistä toimintaa. Tavoitteen seen ei päästä pelkästään tieteellisin perustein, vaan on punnittava erityyppisten riskien ja hyötyjen suhteellista merkitystä, kuten kaikilla muillakin elämänaloilla.

### 2. Säteilysuojelussa käytettävät suureet

- Absorboitunut annos ( $D$ ). Sen yksikkö on  $J/kg$ , jonka erityisnimi on gray (Gy).

- Elimen ekvivalenttiansnos ( $H_T$ ). Yksikkö J/kg, erityisnimi sievert (Sv).
- Efektiivinen annos ( $E$ ). Yksikkö J/kg, erityisnimi sievert (Sv).
- Kollektiivinen ekvivalenttiansnos ( $S_T$ ). Yksikkö man sievert (man Sv).
- Kollektiivinen efektiivinen annos ( $S$ ). Yksikkö man sievert (man Sv).
- Annoskertymät ja annositoumat.
- Annosekvivalenttiin ( $H$ ) perustuvat mittaussuureet. Yksikkö J/kg, erityisnimi sievert (Sv).
- Aktiivisuus ( $A$ ). Yksikkö 1/s, erityisnimi becquerel (Bq).

Suureet ja yksiköt merkitään ja niitä käytetään SI-yksikköjärjestelmän mukaisesti.

*Altistuksella* tarkoitetaan altistumista säteilylle tai radioaktiiviselle aineelle. Altistuksen määrää ja merkitystä kuvaavat siitä aiheutuvat säteilyannokset. *Annos* on yleisnimi, joka voi tarkoittaa mitä tahansa asianmukaista annossuuretta.

### 3. Säteilysuojelun biologisia näkökohtia

- Säteilyn stokastiset ja deterministiset haittavaikutukset.
- Säteilyn somaattiset ja perinnölliset haittavaikutukset.
- Stokastisten vaikutusten nimelliset todennäköisyyskertoimet ja haittakertoimet.
- Ekvivalenttiansnosien määrittelyssä käytettävät säteilyn painotuskertoimet  $w_R$ , efektiivisen annoksen määrittelyssä käytettävät kudosten painotuskertoimet  $w_T$  ja niiden biologiset ja epidemiologiset perusteet.

### 4. Säteilysuojelun peruskäsitteistö

Säteilysuojelujärjestelmän on pyrittävä tuottamaan enemmän hyötyä kuin haittaa, maksimoimaan nettohyötyä ja rajoittamaan mahdollisista yksilön ja yhteiskunnan välisistä eturistiriidoista aiheutuvaa eriarvoisuutta. Näiden periaatteiden soveltamista tarkastellaan erikseen *praktiikassa* (säteilyaltistusta lisäävässä toiminnassa) ja *interventiossa* (olemassa olevaa säteilyaltistusta vähentävässä toiminnassa). Praktiikkaa varten johdetut periaatteet ovat (a) praktiikan oikeutus, (b) suojelun optimointi ja (c) yksilön annoksen ja riskin rajoittaminen. Intervention periaatteet ovat vastaavasti (a) intervention oikeutus ja (b) intervention optimointi. Annosrajoja ei siis sovelleta interventioksi luokiteltavaan toimintaan.

### 5. Säteilysuojelu praktiikan kannalta

- Ammatillinen säteilyaltistus (annosrajat säteilytyössä).
- Potilaiden säteilyaltistus terveydenhuollossa (ei annosrajoja).

- Väestön säteilyaltistus (annosrajat väestölle).
- Mahdolliset säteilyaltistukset ja altistusten vuorovaikutus.

## 6. Säteilysuojelu intervention kannalta

- Intervention oikeutus ja optimointi väestön säteilyaltistuksen perusteella.
- Mahdollinen korjaustoimien tarve (asunnoissa tai työpaikoilla).
- Onnettomuudet ja hätätilanteet.

## 7. Suositusten täytäntöönpano

- Vastuu, valta ja tilivelvollisuus.
- Suositusten soveltuvuus ja käyttö säädösten perusteiksi.
- Vertailutasot. Käsitteitä on määritelty uudelleen julkaisussa ICRP 73.
- Säteilyannosten arviointi: ammatillinen altistus, potilaat, väestö.
- Säteilysuojelun toteutuneen tason arviointi.
- Valmiussuunnittelu.
- Valvomattomat ja valvonnasta vapautetut säteilylähteet.

Liite A Säteilysuojelussa käytettävät suureet

Liite B Ionisoivan säteilyn biologiset vaikutukset

Liite C Säteilyvaikutusten terveydellisen merkityksen arvioinnin perusteet

## Vuoden 2005 suositusluonnos

Uuden luonnoksen pääkohtien tarkastelua: muutoksia ja STUKin huomautuksia.

### 1. Johdanto

Johdannossa kuvaillaan vuoden 1990 suosituksia ja sen jälkeen ilmestyneitä julkaisuja. Uuden suosituksen sanotaan vahvistavan entisiä, kuitenkin niin, että on tehty huomattavia muutoksia ja lisäyksiä. Epäselväksi jää, riittääkö uusi suositus sellaisenaan vai onko sitä luettava yhdessä nykyisen suosituksen kanssa. STUK on pyytänyt tähän selvennystä.

### 2. Suositusten kohde ja tarkoitus

Säteilysuojelun tavoite on entisellään ihmisten osalta, mutta lisäksi on mainittu muiden lajien suojelu tarvittaessa.

Suosituksat koskevat *kontrolloitavissa olevia säteilylähteitä (controllable sources)*. Tässä *säteilylähteellä* tarkoitetaan mitä tahansa säteilyaltistuksen syytä. *Praktiikka* on määritelty entistä täsmällisemmin, mutta *interventiota* ei enää mainita peruskäsitteenä. Luvuissa 2 ja 8 määritellään lähteitä, joita suosi-

tukset eivät koske. Tähän on käytetty termejä, joilla ennestään on erilainen, virallisestikin vakiintunut merkitys. STUK on huomauttanut näistä ristiriitaisuuksista.

Säteilysuojelun *oikeutusperiaate* esitellään yhtenä täydellisen säteilysuojelujärjestelmän edellytyksenä, mutta suosituksessa ei oteta kantaa sen toteuttamisen tapaan ja menetelmiin vaan ne jätetään hallitusten ja viranomaisten huoleksi. Toteutusta koskevia suosituksia annetaan ainoastaan luvussa 9 (säteilyaltistus terveydenhuollossa). STUK on huomauttanut, että oikeutusperiaatteen pitäisi kiinnittää enemmän huomiota.

### 3. Säteilysuojelussa käytettävät suureet

Elimen *ekvivalenttiannos*  $H_T$  on saanut nimekseen *säteilypainotettu annos*, jotta se erottuisi helpommin annosekvivalentista  $H$ . Uuden erityisnimen antamista säteilypainotetun annoksen yksikölle (J/kg) harkitaan, jottei se olisi sama kuin efektiivisen annoksen yksikön (J/kg) erityisnimi sievert (Sv). STUK on kannattanut uuden nimen antamista.

Säteilypainotetun annoksen määritelmässä käytettävät *säteilyn painotuskertoimet*  $w_R$  muuttuvat siten, että protonisäteilylle käytetään painotuskerrointa 2 (nykyisin 5) ja neutroneille nykyisen kolmitasaisen porraskäytön sijasta funktioita

$$\begin{aligned} w_R &= 2,5 + 18,2 \exp[-(\ln E_n)^2/6] && \text{energioilla } E_n < 1 \text{ MeV, ja} \\ w_R &= 5,0 + 17,0 \exp[-(\ln (2E_n))^2/6] && \text{energioilla } E_n \geq 1 \text{ MeV.} \end{aligned}$$

(Kaavoissa käytetään neutronin energian  $E_n$  lukuarvoa, kun yksikkönä on MeV).

Efektiivisen annoksen määritelmässä käytettäville *kudosten painotuskertoimille*  $w_T$  on annettu seuraavat arvot (muuttuneet kohdat on tässä kursivoitu):

Luu, <i>luuydin, rinnat, paksusuoli, keuhkot, mahalaukku</i>	0,12
Virtsarakko, ruokatorvi, <i>sukurauhaset, maksa, kilpirauhanen</i>	0,05
Luun pinta, <i>aivot, munuaiset, sylkirauhaset, iho</i>	0,01
Muut elimet ja kudokset (keskiarvona seuraavista:)	0,10
<i>rasvakudos, lisämunuaiset, sidekudokset, ylemmät hengitystiet, sappirakko, sydän, imusolmukkeet, lihakset, haima, eturauhanen, ohutsuoli, perna, kateenkorva, kohtu.</i>	

Uudessa suosituksessa rinnat ovat saaneet suuremman ja sukurauhaset huomattavasti pienemmän painotuskertoimen kuin nykyisessä suosituksessa. Aivoille, munuaisille ja sylkirauhasille on nyt annettu elinkohtainen painotuskerroin. Muiden elinten ja kudosten ryhmää on kasvatettu lukumäärältään ja painoarvoltaan.

Lisätietoa painotuskertoimista, säteilyhaitasta ja riskikertoimista on annettu liitteessä A. Kudosten painotuskertoimet edustavat sukupuolten keskiarvoa ja koko väestön ikäjakaumaa, ja samoja kertoimia käytetään iästä ja sukupuolesta riippumatta. Tästä päätellään, että myös efektiivinen annos edustaa vain keskimääräistä väestöä. Suosituksissa ei kuitenkaan kerrota, tarkoitetaanko eri kudosten saamilla annoksilla todellisten ihmisten vai keskimääräisen mallin saamia annoksia ja mitä ominaisuuksia (esim. koko ja sukupuoli) mallille olisi annettava erilaisissa altistustilanteissa. Eri tulkinnat johtavat eri tuloksiin, ja ongelma korostuu uudessa suosituksessa, koska siinä on lisätty sukupuolierojen vaikutusta. ICRP:n suositusten perusteella esimerkiksi ei voi päätellä, mitä efektiivinen annos tarkoittaa rintasyöpäseulonnessa tai pienten lasten röntgentutkimuksissa. STUK on pyytänyt täsmennystä määrittelyyn ja opastukseen.

#### 4. Säteilysuojelun biologisia näkökohtia

Kynnysarvon ylittävillä säteilyannoksilla esiintyviä *deterministisiä* haittavaikutuksia nimitetään nyt *kudosreaktioiksi*. Varhaisreaktioita voi ilmentyä päivien ja viikkojen kuluessa altistuksesta, myöhäisreaktioita kuukausien ja vuosien kuluessa. Kudosreaktioiden luokittelua on esitetty taulukossa IV, ilmaantumisaikoja ja kynnysarvoja taulukossa V.

*Stokastisia* haittavaikutuksia ovat syöpä ja perinnölliset vaikutukset. Stokastisten vaikutusten nimelliset todennäköisyyskertoimet (riski- ja haittakertoimet) on esitetty taulukossa VI koko väestölle ja työikäiselle aikuisväestölle. Kertoimet on määritetty nykyisestä poikkeavalla tavalla. Nykyiselle syöpäkuoleman todennäköisyyskertoimelle (0,05/Sv) saataisiin suositusluonnoksen mukaan arvo 0,044/Sv. Perinnöllisten vaikutusten normitetut todennäköisyyskertoimet ovat pienentyneet arvoon 0,002/Sv koko väestölle (ennen 0,01/Sv) ja 0,001/Sv työikäisille (ennen 0,006/Sv). STUK epäilee haittakertoimien havainnollisuutta viestinnässä ja koulutuksessa.

Lisäksi käsitellään säteilyn vaikutuksia alkioon ja sikiöön, perinnöllistä syöpäherkkyyttä ja muita säteilyperäisiä sairauksia. STUK on ehdottanut ohjeellisen annostason alentamista yhdessä, sikiön säteilysuojeluun liittyvässä tapauksessa.

#### 5. Säteilysuojelun peruskäsitteistö

Suosituksen mukaan ammatillista säteilyaltistusta, väestön säteilyaltistusta ja potilaan säteilyaltistusta terveydenhuollossa tarkastellaan erikseen ja toisistaan riippumatta.

*Annosrajat* koskevat kaikista säteilylähteistä yhteensä aiheutuvaa kokonaisaltistusta normaalioloissa. *Annosrajoitukset* koskevat yksittäisestä säteily-

lähteestä aiheutuvaa säteilyaltistusta kaikissa oloissa ja tilanteissa.

## 6. Vaadittavat säteilysuojelutasot

ICRP haluaa tehostaa nykyisen säteilysuojelujärjestelmän suotuisia vaikutuksia määrittelemällä lisää annosrajoituksia siten, että ne kattavat kaikki kontrolloitavissa olevat säteilylähteet kaikissa oloissa. Suojelutasot on asetettu arvioimalla altistuksen merkitystä suhteessa luonnonsäteilyn annostasoon (efektiivinen annos ilman radonaltistusta keskimäärin 1 mSv vuodessa) ja sen paikalliseen vaihteluun. Suosituksen mukaan efektiivisen annoksen rajoitukset voivat olla välillä 0,01 mSv–100 mSv vuodessa. Yli 100 mSv:n annokset olisivat sallittuja vain onnettomuuden estämiseksi tai rajoittamiseksi, ihmisten pelastamiseksi ja mahdollisesti avaruuslennoilla. Alle 0,01 mSv:n annosrajoitusta ei pitäisi asettaa millekään säteilylähteelle. Esimerkkejä annosrajoituksista taulukosta VII:

<b>Efektiivinen annos vuodessa</b>	<b>Annosrajoituksen soveltaminen</b>
100 mSv	Suurin annos, mihin yksilön tai yhteiskunnan etu voi oikeuttaa.
	Työntekijät onnettomuustilanteissa, väestön evakuointi.
20 mSv	Altistuva henkilö saa hyötyä suoraan tai välillisesti, on saanut tietoa ja opastusta tehtävään ja annosta valvotaan.
	Säteilytyö, potilaan vapaaehtoinen auttaminen.
1 mSv	Normaaliolot. Toiminnasta yhteiskunnallista hyötyä.
	Yksilölle ei suoraa hyötyä, ei tiedotusta eikä annosarviota.
0,01 mSv	Pienin suositeltava annosrajoitus. Esim. radioaktiivisen aineen päästöstä aiheutuva annos kriittiselle ryhmälle.

Radonin aktiivisuuspitoisuudelle suositellaan annosrajoituksen maksimiarvoksi asunnoissa 600 Bq/m<sup>3</sup> ja työpaikoilla 1500 Bq/m<sup>3</sup> (taulukko VIII). STUK on suositellut käytettäväksi entistä termiä *radonin toimenpidetaso*.

Annosrajat yksilön efektiiviselle annokselle sekä kudosten ja elinten säteilypainotetuille annoksille (taulukko IX) ovat pysyneet ennallaan. Sikiön säteilyaltistuksen kohdalla viitataan nykyisiin suosituksiin (julkaisut 60, 84, 90).

## 7. Säteilysuojelun optimointi

Optimoinnin käsitettä laajennetaan onnettomuuksien ja mahdollisten altistusten ehkäisemiseen ja turvallisuuskulttuurin kehittämiseen.

*Kollektiivisen annoksen* käsite mainitaan muistona 1970-luvulta, jolloin

pidettiin tarpeellisena rajoittaa pitkäikäisten radionuklidien leviämistä ympäristöön ydinlaitosten lisääntyessä. ICRP haluaa nyt luopua kollektiivisen annoksen käytöstä ja korvata sen monipuolisemmalla *annosmatriisilla*, jonka avulla voitaisiin kuvata säteilyaltistuksen ajallista ja paikallista jakaumaa, altistuvien ihmisten määrää, ikä- ja sukupuolijakaumaa ja tarkastella jopa päätöksenteossa käytettävien arvopainotusten vaikutusta. Annosmatriisiin määrittelyä ja käytön opastusta varten valmistellaan erillistä julkaisua. Kollektiivisen annoksen yksikköä ei ole enää mainittu, mutta käsite on piilevänä ja nimettömänä unohtunut aiheuttamaan sekaannusta tekstissä ja taulukoissa. STUK on vastustanut kollektiivisen annoksen hylkäämistä ja suhtautunut epäilevästi annosmatriisin käyttöön. STUK on myös vaatinut sekavien merkintöjen korjaamista SI-järjestelmän mukaisiksi.

## 8. Lähteet, joita suositus ei koske

ICRP määrittelee tapauksia, joissa suosituksia ei sovelleta luonnollisiin tai keino-tekoiisiin radioaktiivisiin aineisiin tai avaruussäteilyyn. STUK on huomauttanut eräistä virheellisistä laskelmista ja päätelmistä.

## 9. Potilaan säteilyaltistus terveydenhuollossa

Potilaiden säteilyaltistukseen ei sovelleta annosrajoja, vaan säteilysuojelun keinoja ovat oikeutustarkastelut ja optimointimenettelyt. Oikeutustarkastelu voidaan tehdä yleisellä tasolla menetelmälle tai tarvittaessa myös yksittäiselle potilaalle. Optimoinnista huomautetaan, ettei se välttämättä tarkoita potilaan saaman säteilyannoksen pienentymistä, ja että on vaikea saada diagnostinen informaatio ja säteilyannos optimaaliseen tasapainoon. Diagnostisten vertailutasojen käyttöä suositellaan (ICRP 73). Säteihoidossa optimointiin kuuluu oikean annoksen antaminen kasvaimeen ja kohdealueen ulkopuolisten kudosten suojaaminen (ICRP 44).

Diagnostiset tutkimukset eivät yleensä aiheuta vakavaa riskiä tai haittaa sikiölle, mutta raskaana olevan potilaan pitää saada tietää säteilyn mahdollisista vaikutuksista. Aiheellisen tutkimuksen tekemättä jättämisestä on yleensä enemmän haittaa kuin tutkimuksen sikiölle aiheuttamasta säteilyannoksesta. (ICRP 84).

Luvussa 9 (Medical exposure) käsitellään lyhyesti myös henkilökunnan säteilyaltistusta ja väestölle sairaalajätteistä aiheutuvaa altistusta. STUK on huomauttanut, että se voi aiheuttaa sekaannusta altistusten luokittelussa (ammatillinen, potilaat, väestö).

## 10. Mahdolliset säteilyaltistukset

Mahdollinen säteilyaltistus voi joko toteutua tai jäädä toteutumatta. Tapah-

tuman todennäköisyyttä voidaan arvioida, ja suojelussa on pyrittävä vaikuttamaan sekä todennäköisyyteen että mahdollisen altistuksen vakavuuteen. Käytännössä todelliset ja mahdolliset altistukset saattavat vaikuttaa toisiinsa: esimerkiksi todellisen altistuksen vähentäminen voi lisätä mahdollisen altistuksen riskiä.

## **11. Ympäristön säteilysuojelu**

ICRP tarkastelee uutena aihepiirinä ympäristön säteilysuojelua luvussa 11 ja liitteessä B. STUK on ilmaissut olevansa tyytyväinen aiheen käsittelemisestä ja käsittelytavasta, joka sopii yhteen muissa järjestöissä tehdyn työn kanssa.

Vuoden 2005 suositusluonnos on nähtävissä ICRP:n verkkosivuilla. Luonnosta ei kannata ryhtyä opiskelemaan järjestelmällisesti, sillä kaikki saattaa vielä muuttua ennen lopullista julkaisemista. Luonnoksen perusteella voi kuitenkin arvioida ICRP:n pyrkimyksiä ja muutosten suuntaa.

## **Kirjallisuutta**

ICRP Publication 1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press; 1959.

ICRP Publication 6. Recommendations of the ICRP. Oxford: Pergamon Press; 1964.

ICRP Publication 9. Recommendations of the ICRP. Oxford: Pergamon Press; 1966.

ICRP Publication 26. Recommendations of the ICRP. Oxford: Pergamon Press; 1977.

ICRP Publication 44. Protection of the patient in radiation therapy. Oxford: Pergamon Press; 1985.

ICRP Publication 60. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press; 1991.

ICRP Publication 73. Radiological protection and safety in medicine. Oxford: Pergamon Press; 1996.

ICRP Publication 84. Pregnancy and medical radiation. Oxford: Pergamon Press; 2000.

ICRP Publication 85. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. Oxford: Pergamon Press; 2000.

ICRP Publication 90. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). Oxford: Pergamon Press; 2003.

ICRP Publication 93. Managing patient dose in digital radiology. Oxford: Pergamon Press; 2004.



# Uudet säädökset ja oppaat

## Teuvo Parviainen Säteilyturvakeskus

Säteilytoiminnan turvallisuudesta vastaa säteilylain mukaan säteilytoiminnan harjoittaja. Toiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että ST-ohjeissa esitetyn mukainen turvallisuustaso toteutetaan ja ylläpidetään.

STUK on vuoden 2004 aikana antanut kaksi uutta säteilyturvallisuusohjetta. Näistä toinen koskee säteilyn käyttöorganisaatiota ja toinen säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevyyttä ja pätevyyden edellyttämää koulutusta. Edellä mainittujen ohjeiden lisäksi valmisteilla on lukuisia aikaisempien ST-ohjeiden uudistuksia. Niillä korvataan aikaisempia ST-ohjeita. Osa näistä valmistuu vuosien 2005 ja 2006 aikana.

## Uusimpia ST-ohjeita:

ST 1.4 Säteilyn käyttöorganisaatio (2004)

ST 1.8 Säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevyitysmiskoulutus ja pätevoittamisorganisaatiot (2004)

## Säteilyn käyttöorganisaatio (ohje ST 1.4)

Säteilyn turvallisen käytön yhtenä perusedellytyksenä on toimiva säteilyn käyttöorganisaatio. Nykyaikaisen laatujärjestelmän kannalta katsottuna säteilyn käyttöorganisaation tulee olla myös selkeästi kuvattu. Ohje koskee kaikkea turvallisuuslupan alaista säteilynkäyttöä terveydenhuollossa ja samoin myös mm. teollisuudessa tai tutkimuksessa.

Organisaatioselvityksellä tarkoitetaan säteilyn käyttöorganisaatiota koskevaa kirjallista kuvausta. Säteilylain 18 §:n mukaan organisaatioselvitys on liitettävä turvallisuuslupaa koskevaan hakemukseen. Jos käyttöorganisaatiossa tapahtuu oleellisia muutoksia säteilyturvallisuuden kannalta, on muutoksista ilmoitettava STUKille. Myös turvallisuuslupan muutoshakemuksen yhteydessä käsitellään tarpeen mukaisesti myös säteilyn käyttöorganisaatioon liittyvät asiat. Oleellista on, että säteilyn käyttöorganisaatio on turvallisuuden kannalta asianmukainen.

Ohjeessa käsitellään mm. organisaatioselvityksen laajuus ja selvityksessä esitettävät asiat, säteilyn käytön turvallisuudesta vastaavan johtajan tehtävät

ja sijaisuudet, muut säteilyturvallisuuteen liittyvät vastuuhenkilöt, lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus ja säteilyasiantuntija.

### **Organisaatioselvityksen laajuus ja siinä esitettävät asiat**

Säteilyn käyttöorganisaation ja organisaatioselvityksen laajuus riippuvat olennaisesti säteilyn käytön laadusta ja laajuudesta. Yksinkertaisessa tapauksessa organisaatioselvitykseksi riittää, että turvallisuushakemuksessa nimetään *säteilyn käytön turvallisuudesta vastaava johtaja*. Vastaava johtaja on toiminnan harjoittajan nimeämä erityinen vastuuhenkilö, joka huolehtii käytännön toimista säteilyn käytön turvallisuuden varmistamiseksi, ylläpitämiseksi ja epäkohtien kuntoon saattamiseksi. Toiminnan harjoittajan on määriteltävä kirjallisesti vastaavan johtajan tehtävät.

Organisaatioselvityksessä esitetään myös menettelyt terveydenhuollon säteilyn käytössä *lääketieteellisen fysiikan asiantuntemuksen käyttämisestä*. Hän on säteilyn lääketieteelliseen käyttöön liittyvän säteilyfysiikan ja säteilytekniikan asiantuntija tutkittavien ja hoidettavien henkilöiden säteilysuojelua varten. Lääketieteellisen fysiikan asiantuntija on nimettävä terveydenhuollon vaatimaan säteilyn käyttöön (sädehoito, isotooppitoiminta sekä röntgentoiminnassa esimerkiksi TT-tutkimukset ja toimenpideradiologia). Asiantuntijan nimeäminen ei edellytä STUKin hyväksyntää, jos nimettävä henkilö on sairaalafyysikko. Jos asiantuntijaksi nimetään muu henkilö kuin sairaalafyysikko, on STUKille toimitettava asiakirjat, joista voidaan todeta, että henkilö täyttää STM:n asetuksen 26 §:ssä esitetyt pätevyysvaatimukset.

Vaativaa säteilyn käyttöä varten voi olla tarpeen nimetä vastaavan johtajan lisäksi *säteilyasiantuntija* tai muodostaa erillinen säteilysuojeluyksikkö säteilylle altistuvien työntekijöiden ja väestön säteilysuojelun järjestämiseksi. Tällöin asiasta määrätään turvallisuusluvassa.

Organisaatioselvityksessä on myös mainittava, jos säteilyn käyttöpaikalle on vastaavan johtajan lisäksi nimetty *muuta vastuuhenkilöitä*. Näiden henkilöiden tehtävät, vastuunjako, pätevyys ja lukumäärä on selvitettävä.

Säteilyn käyttöorganisaatioon kuuluvista henkilöistä on mainittava, mihin tehtävänimikkeisiin kuuluvat henkilöt ovat säteilylain 12 §:n tarkoittamassa *säteilytyössä*. Lisäksi on täsmennettävä, mihin näistä tehtävänimikkeistä kuuluu säteilytyöluokkaan A kuuluvia työntekijöitä.

Jos säteilyn käyttöorganisaatioon kuuluu henkilöitä eri yritysistä, on organisaatioselvitykseen liitettävä sopimusasiakirja yritysten keskinäisestä vastuunjaosta.

*Laajempi organisaatioselvitys*, jossa vastaavan johtajan nimeämisen lisäksi esitetään mm. edellä mainitut asiat, on laadittava ainakin silloin, kun kyseessä on:

- terveydenhuollon sädehoito-, röntgen- tai isotooppitoiminta
- kiihdyttimien käyttö
- teollisuuden radiografiatoiminta
- monien umpilähteiden käyttö laajalla alueella tai osittain itsenäisesti toimivilla osastoilla teollisuuslaitoksessa
- radioaktiivisten aineiden tai niitä sisältävien tuotteiden valmistus
- radioaktiivisten aineiden käyttö A-luokan laboratorioissa
- radioaktiivisten aineiden käyttö merkkiainekokeissa
- säteilylähteiden vaativa asennus-, korjaus- ja huoltotyö.

## **Säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien henkilöiden pätevytymiskoulutus ja pätevöittämisorganisaatiot (ohje ST 1.8)**

Säteilyn käytössä toiminnan harjoittaja vastaa siitä, että säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivilla henkilöillä on tehtäviensä edellyttämä koulutus ja pätevyys. Ohjeessa ST 1.8 esitetään säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivien vastaavien johtajien, lääketieteellisen fysiikan asiantuntijoiden ja säteilyasiantuntijoiden pätevyyttä ja pätevyyden edellyttämää säteilysuojelukoulutusta koskevat vaatimukset. Yksityiskohtaiset pätevyys- ja koulutuksen sisältövaatimukset esitetään säteilyn turvallisesta käytöstä vastaavan johtajan osalta sisältäen koulutuksen erityisvaatimukset eri pätevyysaloilla. Ohjeessa esitetään myös vaatimukset vastaavien johtajien säteilysuojauskoulutusta ja kuulusteluja antavia organisaatioita koskien.

Toiminnan harjoittajan on huolehdittava, että kaikki säteilyn käyttöorganisaatiossa toimivat henkilöt saavat säteilysuojelun täydennyskoulutusta. Terveydenhuollon säteilyn käytössä toimivien henkilöiden täydennyskoulutusvaatimukset on esitetty ohjeessa ST 1.7. Tässä ohjeessa on täydennetty ohjeen ST 1.7 täydennyskoulutusvaatimusta vastaavina johtajina, lääketieteellisen fysiikan asiantuntijoina ja säteilyasiantuntijana toimivien henkilöiden osalta.

## **Käsiteltävänä olevat ST-ohjeet**

Uudistettavina ovat seuraavat säteilyturvallisuusohjeet:

ST 1.1 Säteilytoiminta ja sen valvonta

ST 1.6 Säteilysuojelutoimet työpaikalla

Ohjeet ST 3.3, ST 3.4 ja ST 3.5 yhdistetään ohjeeksi ST 3.3. Valmistuu 2005.

ST 7.1 Säteilyaltistuksen seuranta

ST 7.2 Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet

ST 7.5 Säteilytyötä tekevien työntekijöiden terveystarkkailu

## **STUK tiedottaa -julkaisut ja esitteet**

STUK tiedottaa -sarjassa on julkaistu opas: Röntgentutkimuksesta potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen määrittäminen (STUK tiedottaa 1/2004).

Lääkärien säteilysuojelukoulutuksesta on tehty esite (2004).

STUK tiedottaa -sarjassa on valmisteilla opas lääketieteellisen röntgentoiminnan laadunvarmistuksesta. Lisäksi on valmisteilla esitemuotoinen opas C-kaaren käyttäjille.

## **Kirjasarja**

STUKin julkaisemassa Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarjassa on ilmestynyt 5 kirjaa. Kirjasarja täydentyy vielä myöhemmin kahdella ionisoimatonta säteilyä käsittelevällä kirjalla.

Kirjasarjan teokset ovat:

1. Säteily ja sen havaitseminen
2. Säteily ympäristössä
3. Säteilyn käyttö
4. Säteilyn terveysvaikutukset
5. Ydinturvallisuus

Sarjan uusimmassa kirjassa *Säteilyn käyttö* käsitellään monipuolisesti säteilyn käyttöä eri toiminta- ja käyttöalueilla, säteilytoiminnan säännöksiä sekä poikkeustapahtumia. Kirja julkaistiin syksyllä 2004. Kirjassa käsiteltävät aihealueet ovat:

1. Röntgensäteily diagnostiikassa
2. Säteihoito
3. Isotooppilääketiede
4. Säteilyn käyttö teollisuudessa ja tutkimuksessa
5. Säteilytoiminnan säännökset
6. Säteilevät kuluttajatuotteet
7. Poikkeustapahtumat säteilyn käytössä

Kirjoja voi tilata STUKista. Osa kirjoita on myös luettavissa STUKin verkkosivuilta ( <http://www.stuk.fi/julkaisut>).

# Lasten röntgentutkimusten potilasannokset

**Timo Kiljunen, Hannu Järvinen, Teuvo Parviainen, Tuomo Komppa**  
**Säteilyturvakeskus**

## Johdanto

Asukaslukuun suhteutettuna Suomi kuuluu säteilylaitteiden määrän osalta huippumaihin, esimerkiksi terveydenhuollon röntgenlaitteita oli Suomessa 1990-luvulla asukasta kohden viidenneksi eniten maailmassa. Suomessa tehtiin vuoden 1995 tutkimuksen mukaan yli 4,2 miljoonaa röntgentutkimusta, joista 9 % koski lapsipotilaita. Noin 14 % eri lähteistä aiheutuvasta väestön kokonaisaltistuksesta on peräisin röntgentutkimuksista, joten röntgentutkimukset ovat sisäilman radonsäteilyn jälkeen suurin elinympäristön säteilyaltistuksen lähde. Koska pienikin säteilyannos lisää riskiä stokastisiin säteilyhaittoihin, on tutkittavan henkilön säteilyaltistus rajoitettava siihen määrään, jota pidetään välttämättömänä tarkoitettujen tutkimustuloksen saavuttamiseksi.

Lapsena säteilylle altistetun ihmisen elinaikaisriski sairastua syöpään jossain elämänsä vaiheessa on noin 2–3 kertainen muuhun väestöön verrattuna (Taulukko I). Toisaalta lasten röntgentutkimuksissa voidaan käyttää potilaiden pienen koon vuoksi pienempiä säteilyannoksia kuin aikuisilla, jolloin säteilyn käytön riski lapsella ei ole kovin paljon aikuiselle aiheutuvaa suurempi. Lasten röntgentutkimuksissa säteilysuojelun optimointiperiaatteen soveltamisella on siten erityisen suurta merkitystä.

**Taulukko I.** Säteilyriski<sup>\*)</sup> 1 Sv:n kerta-annoksen jälkeen (%).

<b>Ikäryhmä</b>	<b>Somaattinen riski (Sv<sup>-1</sup>)</b>	<b>Geneettinen riski (Sv<sup>-1</sup>)</b>	<b>Kokonaisriski (Sv<sup>-1</sup>)</b>
0–9	14,5	2,5	17
10–19	8,5	2,5	11
Koko populaatio	5	1	6

<sup>\*)</sup> Somaattisella riskillä tarkoitetaan riskiä saada kuolemaan johtava syöpäsairaus ja geneettisellä riskillä mutaatioiden periytymistä jälkeläisille.

Vertailutasojen käytön avulla voidaan löytää röntgentutkimuspaikat, joissa potilaiden säteilyaltistus on tavanomaista suurempi ja joiden tutkimuskäytäntöä on tarkasteltava tarkemmin ja mahdollisesti parannettava. Euroopan Unionin säteilyn lääketieteellistä käyttöä koskevan direktiivin (97/43/Euratom) perusteella annettu sosiaali- ja terveysministeriön asetus (STM 423/2000) velvoittaa edistämään vertailutasojen käyttöä ja määrittelyä radiodiagnostisissa tutkimuksissa. STUK asetti vertailutasot Suomessa aikuisten tavanomaisille röntgen- ja tietokonetomografiatutkimuksille vuonna 2000.

Pääasiassa erikokoisia lapsipotilaita koskevan aineiston puutteesta johtuen lasten röntgentutkimuksia varten ei vielä ole asetettu vertailutasoja. Koska potilaan säteilyannos riippuu potilaan koosta, ei voida määrittää yhtä standardikokoista potilasta, joka ilmaisisi luotettavasti lasten keskimääräisen annostason. Ongelmaa on lähestytty jakamalla lapsipotilaat eri ikäryhmiin, joille on ehdotettu vertailutasoja. Tämäkään ei vielä riittävällä tavalla ota huomioon potilaan koosta aiheutuvaa annosvaihtelua, sillä samanikäisten lasten koko voi vaihdella paljon.

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä yhteenveto STUKin aiemmin Suomessa keräämästä lasten röntgentutkimusten potilasannosaineistosta ja sen riittävydestä lasten röntgentutkimusten vertailutasojen asettamiseen. Työssä tutkittiin optimaalista menettelyä lapsen koon huomioon ottamiseksi vertailutasojen asettelussa ja käytössä. Lisäksi selvitettiin tyypillinen tarkkuus potilasannosten käytännön määrittelyissä.

## Aineisto ja menetelmät

### Tutkimusaineisto

Työssä käytetty tutkimusaineisto koostui kaikkiaan kahdeksasta sairaalasta kerätyistä annostiedoista, jotka olivat peräisin kahdesta aikaisemmin julkaisusta tutkimuksesta sekä tässä työssä tehdyistä uusista annosmäärittelyksistä kahdessa sairaalassa. Rintakehän röntgentutkimuksia oli 700, virtsateiden toiminnan läpivalaisututkimuksia (MCU) 100 ja muita natiiviröntgen- sekä läpivalaisututkimuksia 10–30.

Ensimmäisessä, EU-rahoitteisessa tutkimuksessa, lapsipotilaiden säteilyannoksia määritettiin neljästä yliopistollisesta sairaalasta vuosien 1994–1998 aikana. Toinen tutkimus oli osa kahden lasten tutkimuksiin erikoistuneen sairaalan laadunkehittämissankkeita, joiden yhteydessä sairaalat määrittivät myös potilasannoksia yhteistyössä STUKin kanssa vuosina 1999–2001. Molemmista tutkimuksista määritettiin annoksen ja pinta-alan tulot (DAP) DAP-mittarien avulla ja pinta-annokset (ESD) laskennallisesti. Uusia annosmäärittelyksiä

tehtiin kahdessa samaan sairaanhoitopiiriin kuuluvassa sairaalassa DAP-mittarin ja kirjattujen kuvausparametrien avulla. Näissä määritettiin lähinnä rintakehän röntgentutkimusten säteilyannoksia, sillä muita lasten röntgentutkimuksia tehtiin aineiston keräysaikana vähän.

### Lapsen koon määrittely

Suuretta, joka kuvaisi yksikäsitteisesti lapsen kokoa, ei ole määritelty. Erilaisia menetelmiä on kuitenkin esitetty kirjallisuudessa. Erityisesti vastasyntyneille potilaiden *painoa* voidaan käyttää kuvaamaan potilaan kokoa. Koko voidaan arvioida myös esimerkiksi potilaan painon  $m$  ja pituuden neliön  $h$  osamääränä lasketun *painoindeksin*  $I (=m/h^2)$  avulla, jota on ehdotettu sovellettavaksi erikoisia aikuispotilaita varten. Potilaan keskimääräistä paksuutta kuvaavaa ns. *sylinterihalkaisijaa* ( $ECD$ , equivalent cylindrical diameter, kaava 1) on käytetty tilanteissa, joissa kuvausprojektiio vaihtelee (läpivalaisu), jolloin paksuus arvioidaan samaksi kaikissa kuvaussuunnissa. Kaavaa käytetään dimensiottomana siten, että massa  $m$  ilmoitetaan kilogrammoina ja pituus  $h$  senttimetreinä, jolloin keskimääräisen halkaisijan ”yksikkö” on senttimetri.

$$ECD = 2 \cdot \sqrt{\frac{1000m}{\pi h}} \quad (1)$$

Myös potilaan paksuuden geometristä keskiarvoa ( $d_m$ ), joka saadaan potilaasta mitatun AP-suuntaisen ( $d_{AP}$ ) ja LAT-suuntaisen ( $d_{LAT}$ ) paksuuden avulla, on käytetty paksuuden määrittelyyn läpivalaisuututkimuksissa:

$$d_m = \sqrt{d_{AP} \cdot d_{LAT}} \quad (2)$$

### NRPB:n menetelmä

Yksinkertaistetussa tilanteessa (kaava 3) potilaan paksuus  $d$  vastaa yhdessä vaimennuskertoimen  $\mu$  kanssa yksinään pinta-annoksesta  $ESD$ , jolloin vertailutasot olisi luontevaa ilmoittaa potilaan paksuuden funktiona.

$$ESD = D_0 e^{(\mu d)} \quad (3)$$

$D_0$  on potilaan läpäisseen säteilyn annos valotusautomaatin säteilynilmaisimen kohdalla. Iso-Britannian säteilysuojelualue (NRPB) esitti tähän perustuen lasten vertailutasojen määrittämiseksi lapsen koon huomioon ottavan menetelmän, jossa lasten vertailutasot voidaan esittää standardikokoisille potilaille. Menetelmässä määritettiin eri-ikäisiä (0, 1, 5, 10, 15) lapsipotilaita vastaavat standardikoot ja säteilyn vaimenemislaita johdetut muuntokertoimet  $F_{ESD}$ ,  $F_{DAP}$  (kaavat



4 ja 5), joilla todellisten potilaiden (paksuus  $d$ ) säteilyannokset muunnetaan vastaamaan standardikokoisten potilaiden annoksia (paksuus  $s$ ). Muuntoker-toimia tarvitaan, sillä täsmälleen standardikokoisia potilaita on liian vähän tilastollisesti merkittävän aineiston kokoamiseksi.

$$F_{ESD} = \frac{ESD_s}{ESD_d} = e^{\mu_{ef}(s-d)} \quad (4)$$

$$F_{DAP} = \frac{DAP_s}{DAP_d} = e^{\mu_{ef}(s-d)} \frac{s^2}{d^2} = F_{ESD} \frac{s^2}{d^2} \quad (5)$$

## Tulokset

### Annosmäärittysten tarkkuus

Kahdessa sairaalassa suoritettujen annosmittausten perusteella lasketun epävarmuusarvion mukaan sairaalat voivat määrittää omia potilasannoksiaan noin 20 %:n tarkkuudella ( $DAP$  20 %,  $ESD$  18 %).

### Potilasannostietojen riittävyys ja menetelmä vertailutasojen asettamiseen

Aikaisemmin kerätty lasten potilasannosaineisto osoittautui kaikilta osin riittä-mättömäksi vertailutasojen luotettavaan asettamiseen. Rintakehätutkimusten potilasmäärä oli kuitenkin riittävä, jotta erilaisia lapsen koon määrittystapoja vertailutasojen asettamiseksi voitiin verrata. Potilaan painon ja pituuden avulla laskettu sylinterihalkaisija ( $ECD$ ) ja suoraan potilaasta säteilykeilan keskiak-selilta kuvausprojektion suuntaisesti mitattu paksuus korreloivat hyvin sätei-lyannoksen kanssa. Korrelaatio oli heikko pelkkää painoa ja painoindeksiä käytettäessä.

Suomalainen röntgentutkimuskäytäntö poikkeaa Iso-Britannian käytän-nöstä ja NRPB:n esittämän menetelmän soveltamisesta aiheutuu ylimääräistä epävarmuutta potilasannoksiin. NRPB esitti muuntokertoimien ( $F_{ESD}$ ,  $F_{DAP}$ ) epävarmuudeksi 5 %, mutta omien laskelmien mukaan epävarmuus on merkit-tävästi suurempi ( $F_{ESD}$  12 % ja  $F_{DAP}$  20–40 %). Lisäksi menetelmän käyttö vertai-lutasoja asetettaessa olisi työlästä ja toiminnanharjoittajille sen soveltaminen olisi monimutkaista.

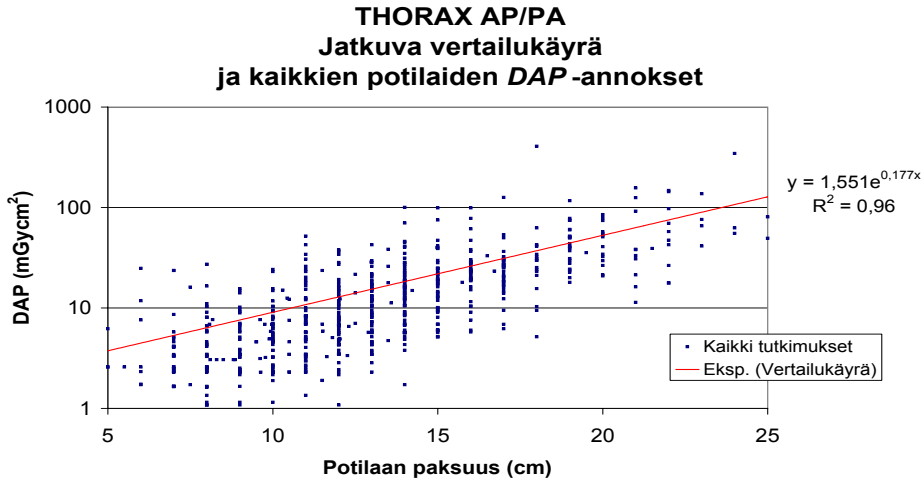
Vertailutasojen asettaminen paksuusluokittain olisi perusteltua, jos lasten röntgentutkimuksia tehtäisiin paljon. Kun sairaalat vertaavat lapsipotilaiden keskimääräisiä annoksia vertailutasoon, heillä pitäisi olla vähintään kymmenen potilaan otos yhtä paksuusluokkaa kohti. Tämä on pienissä ja keskisuurissa toimipaikoissa vaikeaa ja paksuusluokittain määritettyjen vertailutasojen käytöstä seuraisi todennäköisesti ongelmia annoskeruuaikojen pitkittyessä.

Rintakehän tutkimusten säteilyannokset kasvoivat eksponentiaalisesti potilaan paksuuden kasvaessa, korrelaatiokertoimet säteilyannoksiin sovitetuille eksponentiaalisille käyrille olivat 0,86–0,99. Vastaava eksponentiaalinen kasvu oli havaittavissa myös muissa tutkimuksissa, mutta niissä aineisto oli puutteellinen.

Vertailutasojen asettaminen jatkuvana vertailukäyränä esimerkiksi potilaan paksuuden funktiona ratkaisisi vähäisistä tutkimusmääristä aiheutuvan ongelman. Tällöin riittäisi, että sairaalassa mitataan kymmenen erikokoisen lapsipotilaan säteilyannokset, joita verrataan vertailukäyrään. Kuvassa 1 on esimerkkinä kahdeksan sairaalan rintakehä tutkimusten säteilyannoksia vertaamalla määritetty vertailukäyrä, joka puolilogaritmisellä asteikolla esitettynä on lineaarinen. Lisäksi kuvassa on kaikkien eripaksuisten potilaiden saamat säteilyannokset. Kuvassa vertailutaso (vertailukäyrä) on määritetty siten, että noin kolme neljäsosaa tutkimuksista alittaa vertailutason, mikä on vertailutasojen asettamisessa usein käytetty määritelmä.

### **Vertailu muiden maiden annoksiin**

Lasten röntgentutkimuksissa saamia säteilyannoksia on aikaisemmin ilmoitettu ja vertailtu potilaan iän tai ikäryhmän perusteella. Vastaavasti lapset voidaan jaotella potilaan paksuuden mukaisiin kokoryhmiin. Tässä työssä potilaiden ryhmittely paksuuden mukaan määritettiin käyttäen hyväksi NRPB:n esittämiä eri-ikäisiä potilaita vastaavia standardikokoja. Tällöin em. muunto-kerrointen (kaavat 4 ja 5) avulla eri paksuisista potilaista eri paksuusryhmille laskettuja rintakehä tutkimusten säteilyannoksia voitiin likimääräisesti verrata aikaisemmin ikäluokittain julkaistuihin annoksiin. Tulosten perusteella lapsipotilaiden säteilyannokset olivat keskimäärin pienempiä Suomessa kuin muualla Euroopassa, mutta optimointia tehostamalla annoksia olisi mahdollista laskea jopa puoleen nykyisestä.



**Kuva 1.** Lasten rintakehän AP/PA-tutkimuksista aiheutuneet säteilyannokset (DAP) ja kahdeksan sairaalan annostasoa vertaamalla määritetty lineaarinen vertailukäyrä.

## Jatkosuunnitelmat

On esitetty, että kansallisten vertailutasojen asettamiseksi aineistoa tulisi olla vähintään 20:stä satunnaisesti valitusta toimipaikasta. Tässä tutkimuksessa käytetty aineisto oli osittain vanhentunutta ja eri sairaaloista koottua aineistoa oli liian vähän, jotta lasten röntgentutkimuksille olisi voitu asettaa niiden perusteella vertailutasot.

STUK aloitti syksyllä 2004 valtakunnallisen annoskeräyksen, jonka tarkoituksena oli kerätä tietoa lasten röntgentutkimusten säteilyannoksista eri puolilta Suomea ja eritasoisista toimipaikoista. Mukana keräyksessä olivat kaikki yliopistolliset sairaalat, useimmat keskussairaalat ja muutama terveyskeskus ja aluesairaala, joissa lasten röntgentutkimuksia tehdään tavanomaista enemmän. Annostietoja on kerätty lasten rintakehän, kallon, sinusten, lantion ja vatsan natiiviröntgentutkimuksista sekä virtsateiden toiminnan läpivalaisu-tutkimuksista. Keräys päättyi maaliskuun lopulla 2005 ja tulosten analysoinnin jälkeen yleisimmille lasten röntgentutkimuksille tullaan asettamaan vertailutasot loppuvuoden aikana.

STUK osallistuu tällä hetkellä myös yhteispohjoismaiseen projektiin, jossa kerätään tietoa lasten tietokonetomografiatutkimusten annostasosta. Projektin tarkoituksena on asettaa vertailutasot myös lasten tietokonetomografiatutkimuksille.

## **Kirjallisuutta**

- 1 Cook J V, Shah K, Pablot S, Kyriou J, Pettett A ja Fitzgerald M (1998). Guidelines on best practice in the x-ray imaging of children. A manual for all x-ray departments. UK: Ian Allan Printing; 1998.
- 2 European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. EUR 16261 EN. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities; 1996.
- 3 Hart D, Wall B F, Shrimpton P C ja Dance D R (2000). The establishment of reference doses in paediatric radiology as a function of patient. Radiat. Prot. Dosim. 2000; 90 (1/2), 235–238.
- 4 International commission on radiological protection (1991). 1990 Recommendations of the International commission on radiological protection. ICRP Publication 60. Oxford: Pergamon Press; 1991.

# Kliininen auditointi: STM:n asiantuntijaryhmän selvitykset

**Hannu Järvinen,  
Säteilyturvakeskus**

## Kliininen auditointi

Kliininen auditointi on säteilylaissa (1142/1998, 39c §) toiminnan harjoittajalle, eli ionisoivaa säteilyä käyttävälle terveydenhuollon yksikölle, säädetty velvoite. Säädos perustuu Euroopan Yhteisöjen säteilyn lääketieteellistä käyttöä koskevan direktiivin (97/43 Euratom eli MED-direktiivi) täytäntöön panoon Suomessa. Direktiivin 6 artiklan mukaan ”kliiniset auditoinnit on tehtävä kansallisten menettelyjen mukaisesti”. Suomessa sovellettava kansallinen menettely on kuvattu Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksessa (423/200, 4. luku), jossa on annettu tarkemmat säädökset kliinisen auditoinnin sisällöstä.

Säteilylain mukaan kliinisellä auditoinnilla tarkoitetaan säteilyn lääketieteellisen käytön suunnitelmallista arviointia, jossa

1. selvitetään noudatettuja tutkimus- ja hoitokäytäntöjä, säteilyaltistuksia sekä tutkimus- ja hoitotuloksia
2. vertaillaan niitä hyväksi todettuihin käytäntöihin sekä
3. esitetään tarpeelliseksi arvioituja toimenpiteitä käytäntöjen kehittämiseksi ja perusteettoman säteilyaltistuksen ehkäisemiseksi.

Kliinisen auditoinnin suorittavat toiminnan harjoittajasta riippumattomat, pätevät ja kokeneet asiantuntijat.

## Kliinistä auditointia koordinoi ja arvioi asiantuntijaryhmä

STM asetti keväällä 2004 auditointiorganisaatioista riippumattoman kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmän auditointitoiminnan koordinoimista ja kehittämistä sekä auditointiohjelmien arviointia varten.

Asiantuntijaryhmän toiminnan tavoitteena on kliinisten auditointien valtakunnallinen koordinoiminen ja kehittäminen lääketieteellisen säteilyn käytön tarpeita varten sekä hyvän laadun ja auditointikriteerien yhdenmukaisuuden edistäminen. Tässä tarkoituksessa asiantuntijaryhmä mm. seuraa kliinisten auditointien toteutumista Suomessa ja tekee siitä yhteenvetoja, ottaa kantaa auditointiorganisaatioiden pätevyyteen samoin kuin auditointien pätevyyteen ja koulutukseen, arvioi auditointikriteerien tarkoituksenmukaisuutta ja katta-

vuotta lääketieteellisen säteilyn käytön eri toimialoilla ja tekee ehdotuksia tutkimus- ja hoitokohtaisista auditoinnin erityistavoitteista ja edistää niiden käyttöönottoa. Ryhmä arvioi myös terveydenhuollon muiden auditointi- ja arviointimenetelmien merkittävyyttä kliinisen auditoinnin kannalta sekä seuraa kliinisten auditointien kansainvälistä kehitystä ja tekee ehdotuksia Suomessa noudatetun käytännön kehittämiseksi.

Syksyllä 2004 asiantuntijaryhmä on valmistanut suosituksen auditointien koulutus- ja pätevyysvaatimuksista sekä teettänyt selvityksen kliinisten auditointien toteutumisesta ja niissä annetuista suosituksista. Vuonna 2005 asiantuntijaryhmä pyrkii arvioimaan kattavasti eri toimialoilla käytettyjen auditointikriteerien tarkoituksenmukaisuutta ja mahdollista päällekkäisyyttä muiden laadunarviointimenettelyjen kanssa. Asiantuntijaryhmän työn tulokset julkaistaan raporteina, suosituksina ja lehtikirjoituksina. Tietoa ryhmän toiminnasta ja tuloksista julkaistaan erityisesti ryhmän kotisivulla [www.clinicalaudit.net](http://www.clinicalaudit.net).

Asiantuntijaryhmän toimikausi on kolme vuotta (2004–2006). Ryhmän puheenjohtajana toimii professori Seppo Soimakallio (TAYS), sihteerinä johtava asiantuntija Hannu Järvinen (STUK), sekä muina jäseninä ylilääkäri Aapo Ahonen (HUS), erikoislääkäri Tuija Wigren (TAYS), sairaalafysikko Tiina Lyyra-Laitinen (KYS), röntgenhoitaja Kaj Ceder (HUS) ja hänen sijaisenaan röntgenhoitaja Katariina Kortelainen (HUS), pääarvioija Tuija Sinervo (FINAS) ja ylilääkäri Mikko Paunio (STM).

## **Selvitys kliinisten auditointien toteutumisesta**

### **Johdanto**

STM:n asettama kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmä on katsonut tärkeäksi selvittää säteilyn lääketieteellisen käytön kliinisten auditointien toteutumista ja niistä saatuja kokemuksia sekä arvioida auditointien hyötyä jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa auditointien käynnistymisen jälkeen. Syksyllä 2004 ryhmä käynnisti selvityksen kliinisten auditointien toteutumisesta ja auditoinneista annetuista suosituksista. Selvityksen rahoittaja on STM ja tekijäksi palkattiin röntgenhoitaja Tiina Sipilä, joka on jättänyt työstä loppuraportin STM:n asiantuntijaryhmälle tammikuussa 2005. Asiantuntijaryhmä käsittelee työn tulokset ja julkaisee lopullisen raportin loppukevällä 2005. Seuraavassa esitetään joitakin ennakkotietoja ja yhteenvetoja selvityksen tuloksista.

### **Tavoitteet**

Selvityksen tavoitteena on ollut hankkia yleiskuva auditointien käynnistymisestä ja ensivaikutelma siitä, miltä toiminnan laatu kliinisen auditoinnin

tavoitteiden kannalta näyttää eri tyyppisissä terveydenhuollon yksiköissä. Selvityksellä halutaan nähdä, onko erilaisten kuvantamisyksiköiden toiminnan välillä merkittäviä eroja klinisen auditoinnin tavoitteiden kannalta, mitkä ovat yleisimpiä puutteita ja kehittämiskohteita ja millaisiin asioihin työyhteisöjen laadunkehittämistyössä tulisi tämän perusteella jatkossa paneutua. Selvityksen odotetaan antavan ensiarvioita auditointikriteerien tarkoituksenmukaisuudesta ja auditointien vaikuttavuudesta, samoin kuin osviittaa auditointikäytännön ja raportoinnin kehittämiseen.

### **Tutkimusaineisto**

Selvityksen tutkimusaineisto koostuu 1.3.2002–30.9.2004 välisenä aikana suoritettujen auditointien raporteista. Selvityksessä kuvataan ja arvioidaan keskeisiä havaintoja auditointiraporttien pohjalta. Selvitystä varten auditoiduilta yksiköiltä pyydettiin suostumus raporttien käyttöön, ja tulokset tullaan julkaisemaan yhteenvedona siten, ettei yksittäisten auditoitujen yksiköiden tietoja voi niistä eritellä. Yhteenvedossa on mukana 84 toiminnan harjoittajan kuvantamisyksiköitä yhteensä 104 (94 röntgenyksikköä ja 10 isotooppiosastoa). Kaikki kyseisenä ajankohtana toteutuneet kliniset auditoinnit on tehnyt Qualisan Oy.

### **Tulokset ja johtopäätökset**

STM:n asetus tuli voimaan toukokuussa 2000 ja kliniset auditoinnit käynnistyivät keväällä 2002. Syyskuun 2004 loppuun mennessä kaikista terveydenhuollon säteilyä käyttävistä yksiköistä oli auditoitu noin neljännes. Yliopistosairaaloita oli auditoitu neljä (80%), keskussairaaloita kahdeksan (36 %), alue-sairaaloita kymmenen (21 %), terveyskeskuksia 41 (17 %), yksityisiä kuvantamislaitoksia 31 (23 %) ja isotooppiyksiköitä 10 (30 %). Suurin osa auditoinneista oli tehty loppuvuoden 2003 ja vuoden 2004 aikana.

Selvityksessä käsitellyt auditointiraportit ovat STM:n asetuksen mukaisissa klinisissä auditoinneissa ensimmäisiä. Auditointeja varten Qualisan Oy oli valmistellut arviointi- ja yhteenvetolomakkeet, joissa on tarkemmin määriteltä STM:n asetuksessa luetellun kymmenen kohdan sisältö eli mitkä säteilyä käyttävän prosessin vaiheet ja kysymykset kussakin kohdassa tulee arvioida. Alkuvaiheessa muuta yhtenäistä suositusta auditoinneista tai niiden raportoinnista ei ole ollut, eivätkä nämä arviointi- ja yhteenvetolomakkeet sisällä varsinaisia hyvän käytännön kriteerejä. Ensimmäinen auditointikierros onkin nähty ensisijaisesti vallitsevan tilanteen kartoituksena STM:n asetuksen kymmenen kohdan osalta. Tässä kartoituksessa noudatetut hyvän käytännön kriteerit ovat toistaiseksi olleet vaihtelevissa määrin auditoiden kliniseen asiantunte-mukseen pohjautuvia näkemyksiä, samalla kun arviointikokonaisuudessa on huomioitu säännöstöön pohjautuvat selkeät vaatimukset tai suositukset. Audi-

toimien edistyessä Qualisan on kehittänyt prosessejaan, ja antanut auditoiduille säännöllisesti lisäkoulutusta.

Auditointiraporteista kootut yhteenvedot osoittavat, että terveydenhuollon kuvantamisyksiköissä (röntgenkuvantaminen ja isotooppitoiminta) käytännöt ovat yleisesti melko hyvät asetuksen 423/2000 kymmenen kohdan osalta. Kuvantamisyksiköissä toimitaan prosessin eri vaiheissa pääsääntöisesti määräysten ja suositusten sekä auditoiden asiantuntemukseen perustuvan hyvän käytännön näkemysten mukaisesti.

Kuvantamisyksiköt ovat auditointihetkellä olleet laadunkehittämisessä eri vaiheessa, minkä vuoksi auditointiraporteissa eri yksiköille on annettu osittain erilaisia suosituksia ja kehittämissuosituksia. Kehittämissuosituksia kohdistui suhteellisesti eniten terveyskeskuksiin ja yksityisiin laitoksiin, joita auditoiden joukossa oli myös määrällisesti eniten. Tämä ilmeni erityisesti laadunvarmistuksen arvioinnissa.

Eniten kehittämissuosituksia kohdistui toiminnan suorittamista koskeviin ohjeisiin ja käytäntöihin. Merkittävästi kehittämissuosituksia on annettu myös seuraavissa kohdissa:

- kuvantamistutkimusten lähettämisen- ja oikeutuskäytännöt sekä lähetettävälle lääkäreille annettava ohjeistus, erityisesti läheteiden sisältö
- sädesuojien käyttö ja raskauden toteaminen
- lääketieteellisen fysiikan asiantuntemus
- filmin kehitysprosessin eri vaiheet, kehitystilat ja tarvikkeiden säilytys
- potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen ja seuranta
- säteilysuojelukoulutuksen suunnittelu ja kirjaaminen
- dokumentointi eri vaiheissa, mm. potilasannoksen jäljitettävyyden, sairauskertomusmerkinnät sekä tutkimusaineiston arkistointi.

Julkaistavan raportin liitteissä tullaan esittämään yksityiskohtainen yhteenvedo STM:n asetuksessa luetellun kymmenen kohdan kuhunkin kohtaan liittyneistä havainnoista ja kehittämissuosituksista.

## **Vaikuttavuus**

Koska selvityksessä ei tarkasteltu annettujen suositusten toimeenpanoa, tulosten perusteella voidaan saada vain viitteitä siitä, miten auditoinnit ovat mahdollisesti parantaneet ja kehittäneet nykyisiä käytäntöjä.

Jo klinisiin auditointeihin valmistautuminen voi tuoda merkittävää kehitystä lisäämällä tietoisuutta säteilysuojelun asioista ja parantamalla kommunikaatioita yksikön sisällä. Kun auditoinnin päätteeksi kirjataan joukko kehittämissuosituksia, joista myös keskustellaan johdon edustajien ja muun henkilökunnan kanssa, on syytä olettaa, että ainakin pääosin ne myös toimeenpan-



naan. Kun kehittämissuosituksia on annettu hyvin erilaisista asioista, voidaan parannuksia odottaa tapahtuvan monissa prosessin vaiheissa. Kun kliinisissä auditoinneissa on esimerkiksi kiinnitetty huomioita oikeutusharkintaan ja läheteiden laatuun, voidaan olettaa sen lisänsäen vaihtoehtoisten tutkimusten harkintaa ja mahdollisesti jo vähentäneen ”turhia” röntgen- ja isotooppitutkimuksia. Tietyillä erityisaloilla, kuten esimerkiksi leikkaussalien säteilyn käytössä, kliinisillä auditoinneilla voitaneen olettaa olevan normaalia suurempi vaikuttavuus, koska arviointien yhteydessä jaettava monipuolinen kliininen säteilysuojelutietämys ei aina muuten ole tehokkaasti tavoittanut näitä käyttäjäryhmiä.

### **Auditointikriteerit**

Auditointiraportteja vertaamalla voitiin myös päätellä, että auditoidijat ovat soveltaneet ja painottaneet eri tavoin arviointi- ja yhteenvetolomakkeen eri kohtia. Selvityksen perusteella näyttäisi olevan tarvetta yhtenäistää toimintatapoja ja arvioinneissa sovellettavia näkemyksiä hyvistä käytännöistä. Arviointikohteista osa voisi olla tarkemmin muotoiltuja ja niiden arvioinnille voisi olla selkeät kriteerit ja tulkintaohjeet. Saatavissa olevaa hyvän käytännön kriteerejä (mm. EU:n kuvantamissuositukset) tulisi koota ja selvittää niiden käytettävyyttä kliinisten auditointien arviointikriteereinä. Nykyistä perusarviointia tulisi jatkossa auditointikerroittain täydentää valittujen tutkimus- ja hoitokohtaisten käytäntöjen syvällisemmällä kliinisellä arvioinnilla.

### **Jatkosuunnitelmat**

Säteilyn lääketieteellisen käytön kliiniset auditoinnit vaativat työyhteisöiltä suuren työpanoksen ja runsaasti erilaisia resursseja, minkä vuoksi auditoinneista saatuja hyötyjä ja auditointien vaikuttavuutta tulee edelleen selvittää ja seurata. Auditointien vaikuttavuutta voidaan selvittää myös kokoamalla (esim. kyselytutkimuksella) auditoitujen yksiköiden kokemuksia kliinisistä auditoinneista sekä niistä kehittämissuosituksista, joista on ollut eniten hyötyä käytännön työssä ja toiminnan kehittämisessä.

STM:n asiantuntijaryhmän yhtenä tavoitteena on selvittää eri toimintasektoreilla (röntgenkuvantaminen, isotooppitoiminta ja sädehoito) nykyisin käytössä olevien arviointiohjeiden ja -kriteeristöjen tarkoituksenmukaisuutta. Työryhmä pyrkii valmistamaan yleispätevän (Qualisanin arviointilomakkeista riippumattoman) suosituksen tai kannanoton siitä, millaisia kriteeristöjä kliinistä auditointia varten tulisi kehittää STM:n asetuksen kymmenen arviointikohdan huomioon ottamiseksi. Auditointien toteutumista koskeneen selvityksen tulokset tulevat olemaan yhtenä lähtökohtana tässä työssä. Samalla pyritään varmistamaan kliinisten auditointien kehittyminen siten, että ne sopi-

valla tavalla tukisivat säteilyn käytön viranomaisvalvontaa eivätkä sisältäisi tarpeetonta päällekkäisyyttä valvontaan kuuluvien säteilytoiminnan tarkastusten kanssa.

Auditointien toteutumisesta tehty selvitys on suunniteltu uudistettavan siinä vaiheessa, kun kaikki säteilyä käyttävät terveydenhuollon organisaatiot on kertaalleen auditoitu. Tätä pidetään hyödyllisenä, koska mukana ovat silloin kaiken tyyppiset organisaatiot (myös sädehoitoyksiköt) ja auditoijille on kertynyt auditoinneista merkittävästi enemmän kokemusta.